

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-348045

(43)Date of publication of application : 05.12.2003

(51)Int.Cl. H04J 11/00
H04L 1/00

(21)Application number : 2002-149013 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

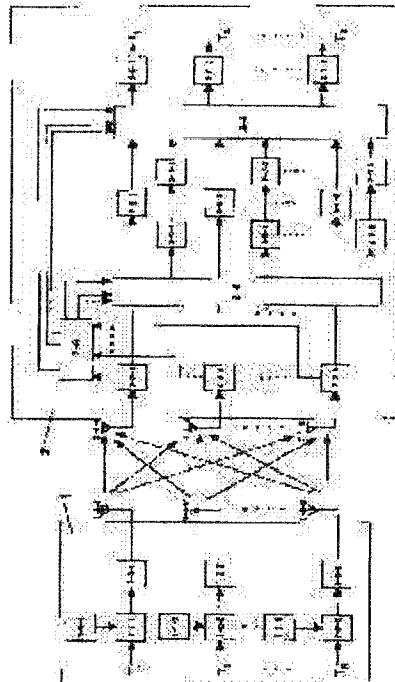
(22)Date of filing : 23.05.2002 (72)Inventor : KUROSAKI SATOSHI
ASAI YUSUKE
UCHIDA HIROMASA
SUGIYAMA TAKATOSHI
UMEHIRA MASAHIRO

(54) OFDM SIGNAL TRANSMITTER, OFDM SIGNAL RECEIVER AND OFDM SIGNAL TRANSMISSION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) transmitter, an OFDM receiver and an OFDM transmission method for enhancing average SNR (signal to noise ratio) of a signal system after cancellation of interference in comparison with the conventional case in the OFDM signal transmitter having a plurality of transmission antennas and reception antennas.

SOLUTION: The OFDM signal transmission method is constituted so as to be provided with the OFDM signal transmitter having N pilot signal generators, N pilot signal multiplexers, N OFDM modulators and N transmission antennas and the OFDM receiver having N reception antennas, N fast Fourier transformers, a sub-carrier transmission coefficient matrix arithmetic unit, a sub-carrier interference canceller, N first demodulators, N re-modulators, N delay generators, a sub-carrier weighting interference canceller and N second demodulators.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-348045

(P2003-348045A)

(43)公開日 平成15年12月5日 (2003.12.5)

(51)Int.Cl.⁷

H 04 J 11/00
H 04 L 1/00

識別記号

F I

H 04 J 11/00
H 04 L 1/00

テ-マ-ト*(参考)
Z 5 K 0 1 4
B 5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 39 頁)

(21)出願番号

特願2002-149013(P2002-149013)

(22)出願日

平成14年5月23日 (2002.5.23)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 黒崎 聰

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 浅井 裕介

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100074066

弁理士 本間 崇

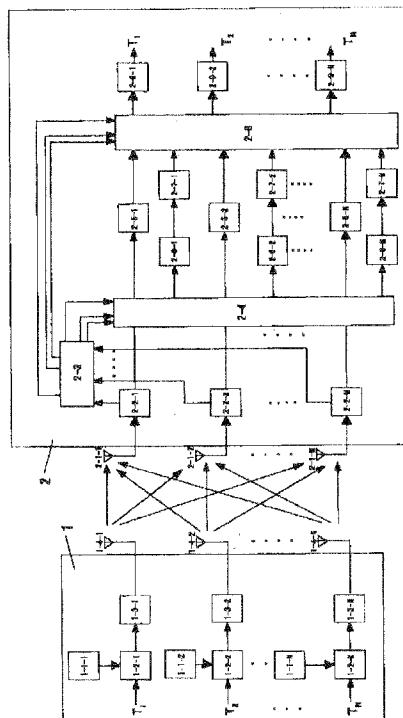
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 OFDM信号伝送装置、OFDM信号受信装置およびOFDM信号伝送方法

(57)【要約】

【目的】 複数の送信アンテナと受信アンテナとを有するOFDM信号伝送装置において、干渉キャンセル後の信号系列の平均S/Nを従来に比べて向上できるOFDM信号伝送装置、OFDM信号受信装置およびOFDM信号伝送方法を提供することを目的とする。

【構成】 OFDM信号伝送装置であって、N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のOFDM変調器とN本の送信アンテナとを有するOFDM信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラとN個の第2の復調器とを有するOFDM信号受信装置と、を備えるように構成する。



付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するN個の第2の復調器と、を有するOFDM信号受信装置と、

を備えることを特徴とするOFDM信号伝送装置。

【請求項2】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、

前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生成行列演算器と、

前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、

前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器と、

を有することを特徴とする請求項1に記載のOFDM信号伝送装置。

【請求項3】 前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、

前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、

ことを特徴とする請求項2に記載のOFDM信号伝送装置。

【請求項4】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、

前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、

前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するN個のパイロット信号生成器と、

前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するN個のパイロット信号多重化器と、

前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うN個のOFDM変調器と、

前記N個のOFDM変調器が outputする信号系列（以下、OFDM変調器が outputする信号系列を「送信OFDM信号系列」という。）を同一周波数で送信するN本の送信アンテナと、

を有するOFDM信号送信装置と、

前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信OFDM信号系列」という。）を受信するN本の受信アンテナと、

前記N本の受信アンテナで受信された受信OFDM信号系列に対し高速フーリエ変換を行うN個の高速フーリエ変換器と、

前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、

前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信OFDM信号系列の相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うN個の第1の復調器と、

前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記OFDM変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うN個の再変調器と、

前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するN個の遅延発生器と、

前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、相互干渉の成分の除去および重み

信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、

前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列とを用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、

前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の O F DM 信号伝送装置。

【請求項 5】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項 4 に記載の O F DM 信号伝送装置。

【請求項 6】 入力された N 系統（N は 2 以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行う N 個の第 1 の誤り訂正符号器と、

前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が output する信号系列に対してインタリーブを行う N 個の第 1 のインタリーバと、

既知のパイロット信号系列を生成する N 個のパイロット信号生成器と、

前記 N 個の第 1 のインタリーバが output する信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する N 個の既知のパイロット信号系列とを多重化する N 個のパイロット信号多重化器と、

前記 N 個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行う N 個の O F DM 変調器と、

前記 N 個の O F DM 変調器が output する信号系列（以下、「O F DM 変調器が output する信号系列を「送信 O F DM 信号系列」という。）を同一周波数で送信する N 本の送信アンテナと、を有する O F DM 信号送信装置と、前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信 O F DM 信号系列」という。）を受信する N 本の受信アンテナと、

前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F DM 信号系列に対して高速フーリエ変換を行う N 個の高速フーリエ変換器と、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を input され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F DM 信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列の復調を行う N 個の第 1 の復調器と、

前記 N 個の第 1 の復調器が output する信号系列に対しディンタリーブを行う N 個の第 1 のディンタリーバと、前記 N 個の第 1 のディンタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行う N 個の第 1 の誤り訂正復号器と、

前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器の出力に対し、第 1 の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行う N 個の第 2 の誤り訂正符号器と、

前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器の出力に対し、第 1 のインタリーバと同一のインタリーブを行う N 個の第 2 のインタリーバと、

前記 N 個の第 2 のインタリーバが output する信号系列に対して前記 O F DM 変調器における変調と同一の変調方式で変調を行う N 個の再変調器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を input され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力する N 個の遅延発生器と、

前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列と前記 N 個の再変調器が output する N 系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列とを input され、前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列を復調する N 個の第 2 の復調器と、前記 N 個の第 2 の復調器が output する信号系列に対しディンタリーブを行う N 個の第 2 のディンタリーバと、前記 N 個の第 2 のディンタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行う N 個の第 2 の誤り訂正復号器

と、を有するO F DM信号受信装置と、
を備えることを特徴とするO F DM信号伝送装置。
【請求項7】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、
前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、
前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、
前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生成行列演算器と、
前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、
前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器と、
を有することを特徴とする請求項6に記載のO F DM信号伝送装置。

【請求項8】 前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0となる行列である、
ことを特徴とする請求項7に記載のO F DM信号伝送装置。

【請求項9】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、
前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、
前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、
前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレ

プリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、
前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、
前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、
前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が outputするレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を outputするレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、
を有することを特徴とする請求項6に記載のO F DM信号伝送装置。
【請求項10】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項9に記載のO F DM信号伝送装置。
【請求項11】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、閾値復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、最尤復号を行う、ことを特徴とする請求項6～請求項10までのいずれか1項に記載のO F DM信号伝送装置。
【請求項12】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、前記第2の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が短いビタビ復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、前記第1の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が長いビタビ復号を行う、ことを特徴とする請求項6から請求項10までのいずれか1項に記載のO F DM信号伝送装置。
【請求項13】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一のターボ符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、前記第2の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、前記第1の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号を行う、ことを特徴とする請求項6から請求項10までのいずれ

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列を復調する N 個の第 2 の復調器と、
を有することを特徴とする O F D M 信号受信装置。

【請求項 14】 入力された N 系統 (N は 2 以上の整
数) の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパ
イロット信号系列を生成する N 個のパイロット信号生成
器と、前記 N 系統の送信情報信号系列と前記 N 個のパイ
ロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列
とを多重化する N 個のパイロット信号多重化器と、前記
N 個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に
対して変調と逆高速フーリエ変換とを行う N 個の O F D M
変調器と、前記 N 個の O F D M 変調器が output する信号系
列 (以下、O F D M 変調器が output する信号系列を「送信
O F D M 信号系列」という。) を同一周波数で送信する
N 本の送信アンテナと、を有する O F D M 信号送信装置
と通信し、

前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互
干渉した信号系列 (以下、「受信 O F D M 信号系列」と
いう。) を受信する N 本の受信アンテナと、
前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号
系列に対し高速フーリエ変換を行う N 個の高速フーリエ
変換器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含
まれる受信パイロット信号系列を input され、該受信パイ
ロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパ
イロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行
列 (伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信
アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素と
する。) と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算
して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、
前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリ
アの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器
が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演
算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F D M 信
号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャ
リア干渉キャンセラと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが output する N 系統の信
号系列の信号判定を行う N 個の第 1 の復調器と、
前記 N 個の第 1 の復調器が output する判定結果に対して前
記 O F D M 変調器における変調と同一の変調方式で変調
を行う N 個の再変調器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を入
力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセ
ラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力する
N 個の遅延発生器と、
前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列と前
記 N 個の再変調器が output する N 系統の信号系列と前記サ
ブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列
とを input され、前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統
の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および
重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセ
ラと、

10 前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が output する重
み付け受信情報信号系列行列と前記 N 個の遅延発生器が
output する N 系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報
信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器
と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブ
キャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリ
カ (「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前
記相互干渉の成分の複製をいう。) を生成するための重
み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生
成行列演算器と、

前記重み付けレプリカ生成行列演算器が output する重み付
けレプリカ生成行列と前記 N 個の再変調器が output する信
号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する
重み付けレプリカ信号系列演算器と、
前記重み付け受信情報信号系列演算器が output する重み付
け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系
列演算器が output する重み付けレプリカ信号系列を減算す
ることにより、前記重み付けされた受信情報信号系列か
ら重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器
と、

30 を有することを特徴とする請求項 14 に記載の O F D M
信号受信装置。

【請求項 16】 前記重み付け受信情報信号系列行列
は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各
サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、
前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝
達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数
行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結
果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、
対角成分が全て 0 である行列である、
ことを特徴とする請求項 15 に記載の O F D M 信号受信
装置。

【請求項 17】 前記サブキャリア重み付け干渉キャン
セラは、
前記 N 個の遅延発生器が output する信号系列を用いて受信
情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、
前記 N 個の再変調器が output する信号系列を用いて再変調
信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、
前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と
前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブ

キャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、

前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、

前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、

を有することを特徴とする請求項 14 に記載の O F D M 信号受信装置。

【請求項 18】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項 17 に記載の O F D M 信号受信装置。

【請求項 19】 入力された N 系統（N は 2 以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行う N 個の第 1 の誤り訂正符号器と、前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が output する信号系列に対してインタリーブを行う N 個の第 1 のインタリーバと、既知のパイロット信号系列を生成する N 個のパイロット信号生成器と、前記 N 個の第 1 のインタリーバが output する信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する N 個の既知のパイロット信号系列とを多重化する N 個のパイロット信号多重化器と、前記 N 個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行う N 個の O F D M 変調器と、前記 N 個の O F D M 変調器が output する信号系列（以下、O F D M 変調器が output する信号系列を「送信 O F D M 信号系列」という。）を同一周波数で送信する N 本の送信アンテナと、を有する O F D M 信号送信装置と通信し、

前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信 O F D M 信号系列」という。）を受信する N 本の受信アンテナと、前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列に対して高速フーリエ変換を行う N 個の高速フーリエ変換器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を input され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロ

ット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号

10 系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列の復調を行う N 個の第 1 の復調器と、

前記 N 個の第 1 の復調器が output する信号系列に対しディンタリーブを行う N 個の第 1 のディンタリーバと、

前記 N 個の第 1 のディンタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行う N 個の第 1 の誤り訂正復号器と、

前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器の出力に対し、第 1 の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行う N 個の第 2 の誤り訂正符号器と、

前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器の出力に対し、第 1 のインタリーバと同一のインタリーブを行う N 個の第 2 のインタリーバと、

前記 N 個の第 2 のインタリーバが output する信号系列に対して前記 O F D M 変調器における変調と同一の変調方式で変調を行う N 個の再変調器と、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を input され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力する N 個の遅延発生器と、

前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列と前記 N 個の再変調器が output する N 系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列とを input され、前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列を復調する N 個の第 2 の復調器と、前記 N 個の第 2 の復調器が output する信号系列に対しディンタリーブを行う N 個の第 2 のディンタリーバと、

前記 N 個の第 2 のディンタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行う N 個の第 2 の誤り訂正復号器と、を有することを特徴とする O F D M 信号受信装置。

【請求項 20】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算

器と、

前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が output する重み付け受信情報信号系列行列と前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生成行列演算器と、

前記重み付けレプリカ生成行列演算器が output する重み付けレプリカ生成行列と前記 N 個の再変調器が output する信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、

前記重み付け受信情報信号系列演算器が output する重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が output する重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた相互干渉成分を除去する減算器と、を有することを特徴とする請求項 19 に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 21】 前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て 0 である行列である、

ことを特徴とする請求項 20 に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 22】 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、

前記 N 個の遅延発生器が output する信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、前記 N 個の再変調器が output する信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、

前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号

行列を演算する減算器と、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、

前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、

を有することを特徴とする請求項 19 に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 23】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項 22 に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 24】 前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、

前記第 1 の誤り訂正復号器は、閾値復号を行い、前記第 2 の誤り訂正復号器は、最尤復号を行う、ことを特徴とする請求項 19 ～請求項 23 までのいずれか 1 項に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 25】 前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、

前記第 1 の誤り訂正復号器は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が短いビタビ復号を行い、

前記第 2 の誤り訂正復号器は、前記第 1 の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が長いビタビ復号を行う、ことを特徴とする請求項 19 から請求項 23 までのいずれか 1 項に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 26】 前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一のターボ符号化を行い、

前記第 1 の誤り訂正復号器は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号を行い、

前記第 2 の誤り訂正復号器は、前記第 1 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号を行う、

ことを特徴とする請求項 19 から請求項 23 までのいずれか 1 項に記載の OFDM 信号受信装置。

【請求項 27】 N 個のパイロット信号生成器と N 個のパイロット信号多重化器と N 個の OFDM 変調器と N 本の送信アンテナとを有する OFDM 信号送信装置と、N 本の受信アンテナと N 個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラと N 個の第 1 の復調器と N 個の再変調器と N 個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラと N 個の

第2の復調器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号受信装置における、O F D M信号伝送方法であって、

前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、

前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、

前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が出力する信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、

前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が出力する信号系列（以下、O F D M変調器が出力する信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、

前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）が受信するステップと、

前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が出力する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、

前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、

前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、

前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを inputされ、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うステップと、

前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するステップと、
を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法。

【請求項28】 N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、重み付け受信情報信号系列行列演算器と重み付け受信情報信号系列演算器と重み付けレプリカ生成行列演算器と重み付けレプリカ信号系列演算器と減算器とを有する。）とN個の第2の復調器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号受信装置における、O F D M信号伝送方法であって、

前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、

前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、

前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が出力する信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、

前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が出力する信号系列（以下、O F D M変調器が出力する信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、

前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）が受信するステップと、

前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を inputされ、該受信パイロット信号系

列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、
 前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、
 前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、
 前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、
 前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力されるステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列演算器が、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ生成行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ信号系列演算器が、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去するステップと、
 前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するステップと、
 を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法。

【請求項29】 前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、
 ことを特徴とする請求項28に記載のO F D M信号伝送方法。

【請求項30】 N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、受信情報信号行列演算器と再変調信号行列演算器とレプリカ信号行列演算器と減算器とレプリカ減算後重み付け行列演算器とレプリカ減算後重み付け信号系列演算器とを有する。）とN個の第2の復調器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号受信装置における、O F D M信号伝送方法であって、

前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、

前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、

前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、

前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が outputする信号系列（以下、O F D M変調器が outputする信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、

前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）が受信するステップと、

前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、

前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが output するN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、

前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が output する判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、

前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列と前記N個の再変調器が output するN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数逆行列とを入力されるステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの受信情報信号行列演算器が、前記N個の遅延発生器が output する信号系列を用いて受信情報信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの再変調信号

行列演算器が、前記N個の再変調器が output する信号系列を用いて再変調信号行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ信号行列演算器が、前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するス

テップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け信号系列演算器が、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するステップと、

前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output するN系統の信号系列を復調するステップと、

を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法。

【請求項31】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項30に記載のO F D M信号伝送装置。

【請求項32】 N個の第1の誤り訂正符号器とN個の第1のインタリーバとN個のパイロット信号生成器N個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN

本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の第1のデインタリーバとN個の第1の誤り訂正復号器とN個の第2の誤り訂正符号器とN個の第2のインタリーバとN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラとN個の第2の復調器とN個の第2のデインタリーバとN個の第2の誤り訂正復号器と有するO F D M信号受信装置と、を備えることを特徴とするO F D M信号伝送装置における、O F D M信号伝送方法であって、

前記N個の第1の誤り訂正符号器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うステップと、

前記N個の第1のインタリーバが、前記N個の第1の誤り訂正符号器が output する信号系列に対してインタリーブを行うステップと、

前記N個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、

前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N個の第1

のインターバが output する信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する N 個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、
 前記 N 個の O F D M 変調器が、前記 N 個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、
 前記 N 本の送信アンテナが、前記 N 個の O F D M 変調器が output する信号系列（以下、O F D M 変調器が output する信号系列を「送信 O F D M 信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、
 前記 N 本の受信アンテナが、前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信 O F D M 信号系列」という。）を受信するステップと、
 前記 N 個の高速フーリエ変換器が、前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列に対して高速フーリエ変換を行うステップと、
 前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を input され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、
 前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記 N 個の第 1 の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列の復調を行うステップと、
 前記 N 個の第 1 のデインタリーバが、前記 N 個の第 1 の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、
 前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器が、前記 N 個の第 1 のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、
 前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器が、前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器の出力に対し、第 1 の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うステップと、
 前記 N 個の第 2 のインターバが、前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器の出力に対し、第 1 のインターバと同一のインターリーブを行うステップと、
 前記 N 個の再変調器が、前記 N 個の第 2 のインターバが output する信号系列に対して前記 O F D M 変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、
 前記 N 個の遅延発生器が、前記 N 個の高速フーリエ変換

器が output する信号系列を input され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列と前記 N 個の再変調器が output する N 系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列とを input され、前記 N 個の遅延発生器が output する N 系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うステップと、
 前記 N 個の第 2 の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列を復調するステップと、
 前記 N 個の第 2 のデインタリーバが、前記 N 個の第 2 の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、
 前記 N 個の第 2 の誤り訂正復号器が、前記 N 個の第 2 のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、
 を有することを特徴とする O F D M 信号伝送方法。
 【請求項 3 3】 N 個の第 1 の誤り訂正符号器と N 個の第 1 のインターバと N 個のパイロット信号生成器 N 個のパイロット信号多重化器と N 個の O F D M 変調器と N 本の送信アンテナとを有する O F D M 信号送信装置と、N 本の受信アンテナと N 個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと N 個の第 1 の復調器と N 個の第 1 のデインタリーバと N 個の第 1 の誤り訂正復号器と N 個の第 2 の誤り訂正符号器と N 個の第 2 のインターバと N 個の再変調器と N 個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、重み付け受信情報信号系列行列演算器と重み付け受信情報信号系列行列演算器と重み付けレプリカ生成行列演算器と重み付けレプリカ信号系列演算器と減算器とを有する。）と N 個の第 2 の復調器と N 個の第 2 のデインタリーバと N 個の第 2 の誤り訂正復号器とを有する O F D M 信号受信装置と、を備える O F D M 信号伝送装置における、O F D M 信号伝送方法であって、
 前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が、input された N 系統（N は 2 以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うステップと、
 前記 N 個の第 1 のインターバが、前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が output する信号系列に対してインターリーブを行うステップと、
 前記 N 個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、
 前記 N 個のパイロット信号多重化器が、前記 N 個の第 1 のインターバが output する信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する N 個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、

前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、
 前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が outputする信号系列（以下、O F D M変調器が outputする信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、
 前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を受信するステップと、
 前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対して高速フーリエ変換を行うステップと、
 前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を inputされ、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、
 前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、
 前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の復調を行うステップと、
 前記N個の第1のデインタリーバが、前記N個の第1の復調器が outputする信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、
 前記N個の第1の誤り訂正復号器が、前記N個の第1のデインタリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、
 前記N個の第2の誤り訂正符号器が、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うステップと、
 前記N個の第2のインターバが、前記N個の第2の誤り訂正符号器の出力に対し、第1のインターバと同一のインターリーブを行うステップと、
 前記N個の再変調器が、前記N個の第2のインターバが outputする信号系列に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、
 前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を inputされ、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて outputするステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力されるステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列演算器が、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ生成行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ信号系列演算器が、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算するステップと、
 前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列の値から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列の値を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた相互干渉成分を除去するステップと、
 前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するステップと、
 前記N個の第2のデインタリーバが、前記N個の第2の復調器が outputする信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、
 前記N個の第2の誤り訂正復号器が、前記N個の第2のデインタリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、
 を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法。
 【請求項34】 前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝

達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て 0 である行列である、ことを特徴とする請求項 3 3 に記載の O F D M 信号伝送装置。

【請求項 3 5】 N 個の第 1 の誤り訂正符号器と N 個の第 1 のインタリーバと N 個のパイロット信号生成器 N 個のパイロット信号多重化器と N 個の O F D M 変調器と N 本の送信アンテナとを有する O F D M 信号送信装置と、N 本の受信アンテナと N 個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと N 個の第 1 の復調器と N 個の第 1 のデインターリーバと N 個の第 1 の誤り訂正復号器と N 個の第 2 の誤り訂正符号器と N 個の第 2 のインタリーバと N 個の再変調器と N 個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、受信情報信号行列演算器と再変調信号行列演算器とレプリカ信号行列演算器とレプリカ減算後信号行列を演算する減算器とレプリカ減算後重み付け行列演算器とレプリカ減算後重み付け信号系列演算器とを有する。）と N 個の第 2 の復調器と N 個の第 2 のデインターリーバと N 個の第 2 の誤り訂正復号器とを有する O F D M 信号受信装置と、を備える O F D M 信号伝送装置における、O F D M 信号伝送方法であって、

前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が、入力された N 系統（N は 2 以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うステップと、

前記 N 個の第 1 のインタリーバが、前記 N 個の第 1 の誤り訂正符号器が outputする信号系列に対してインタリーブを行うステップと、

前記 N 個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、

前記 N 個のパイロット信号多重化器が、前記 N 個の第 1 のインタリーバが outputする信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する N 個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、

前記 N 個の O F D M 変調器が、前記 N 個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、

前記 N 本の送信アンテナが、前記 N 個の O F D M 変調器が outputする信号系列（以下、O F D M 変調器が outputする信号系列を「送信 O F D M 信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、

前記 N 本の受信アンテナが、前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信 O F D M 信号系列」という。）を受信するステップと、

前記 N 個の高速フーリエ変換器が、前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列に対して高速フ

ーリエ変換を行うステップと、

前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記 N 個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、

前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記 N 個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、

前記 N 個の第 1 の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputする N 系統の信号系列の復調を行うステップと、

前記 N 個の第 1 のデインターリーバが、前記 N 個の第 1 の復調器が outputする信号系列に対しデインターリーブを行うステップと、

前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器が、前記 N 個の第 1 のデインターリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、

前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器が、前記 N 個の第 1 の誤り訂正復号器の出力に対し、第 1 の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うステップと、

前記 N 個の第 2 のインタリーバが、前記 N 個の第 2 の誤り訂正符号器の出力に対し、第 1 のインタリーバと同一のインタリーブを行うステップと、

前記 N 個の再変調器が、前記 N 個の第 2 のインタリーバが outputする信号系列に対して前記 O F D M 変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、

前記 N 個の遅延発生器が、前記 N 個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記 N 本の遅延発生器が outputする N 系統の信号系列と前記 N 本の再変調器が outputする N 系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを inputされるステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの受信情報信号行列演算器が、前記 N 本の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの再変調信号行列演算器前記 N 本の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ信

号行列演算器が、前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するステップと、

前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け信号系列演算器が、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するステップと、

前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output するN系統の信号系列を復調するステップと、

前記N個の第2のデインタリーバが、前記N個の第2の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、

前記N個の第2の誤り訂正復号器が、前記N個の第2のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、を有することを特徴とするOFDM信号伝送方法。

【請求項36】 前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項35に記載のOFDM信号伝送装置。

【請求項37】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一の畳込み符号化であり、

前記第1の誤り訂正復号器の復号化方式は、閾値復号であり、

前記第2の誤り訂正復号器の復号化方式は、最尤復号である、

ことを特徴とする請求項32～請求項36までのいずれか1項に記載のOFDM信号伝送方法。

【請求項38】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一の畳込み符号化であり、

前記第1の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第2の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が短いビタビ復号であり、

前記第2の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第1の誤り訂正復号器よりもパスメモリ長が長いビタビ復号である、

ことを特徴とする請求項32～請求項36までのいずれか1項に記載のOFDM信号伝送方法。

【請求項39】 前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一のターボ符号化であり、

前記第1の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第2の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号であり、

前記第2の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第1の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号である、

ことを特徴とする請求項32～請求項36までのいずれか1項に記載のOFDM信号伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 直交周波数分割多重) 信号伝送装置、OFDM信号受信装置およびOFDM信号伝送方法に関し、特に、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて通信を行うOFDM信号伝送装置、OFDM信号受信装置およびOFDM信号伝送方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 [OFDM] 広帯域移動体通信においては、移動体通信におけるマルチパスフェージング環境下において一定レベルの伝送品質を維持するために、周波数選択性フェージングについての対策をとる必要がある。この周波数選択性フェージングについての対策としては、送信信号を互いに直交するサブキャリア群に分割して、マルチキャリア伝送を行うOFDM方式が知られている。

【0003】 「複数の送信アンテナと複数の受信アンテナ」また、広帯域移動体通信においては、限られた周波数帯の中で大容量化を図るために、周波数利用効率の向上についての対策をとる必要がある。

【0004】 この周波数利用効率の向上についての対策としては、同一周波数帯において複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いてMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) チャンネルを構成し、送信アンテナと受信アンテナとの全ての組み合わせについての伝達係数を測定し、該伝達係数を各要素とする伝達係数行列の逆行列（以下、「伝達係数逆行列」という）を、受信されたOFDM信号系列に

乗算することによって、相互干渉成分をキャンセルし、送信されたO F D M信号系列を復元する方式が知られている。

【0005】この方式によれば、送信アンテナ・受信アンテナの数だけ周波数利用効率を向上させることができる。すなわち、この方式によれば、送信アンテナからそれぞれ異なるO F D M信号系列を送信することによって、伝送容量の増大を図ることができる。

【0006】〔伝送品質・伝送容量〕以上のような方式を考慮して、従来のO F D M信号伝送装置は、図5に記載のように構成されていた。以下、この従来のO F D M信号伝送装置について説明する。

【0007】図5は、従来のO F D M信号伝送装置を示す図である。従来のO F D M信号伝送装置は、O F D M信号送信装置5とO F D M信号受信装置6とから構成される。

【0008】パイロット信号多重化器5-2-1~5-2-Nは、同一T D M Aバーストにおいて送信されるべき送信情報信号系列T₁、T₂、…、T_Nを入力される。また、パイロット信号多重化器5-2-1~5-2-Nは、パイロット信号生成器5-1-1~5-1-Nが出力する、T₁、T₂、…、T_Nにそれぞれ対応した既知のパイロット信号P₁₁～P_{1N}、P₂₁～P_{2N}、…、P_{N1}～P_{NN}を入力される。

【0009】パイロット信号多重化器5-2-1~5-2-Nは、この入力された送信情報信号系列T₁、T₂、…、T_Nと、パイロット信号生成器5-1-1~5-1-Nが送出する既知のパイロット信号P₁₁～P_{1N}、P₂₁～P_{2N}、…、P_{N1}～P_{NN}とを、時間軸上においてそれぞれ多重化する。

【0010】そして、パイロット信号多重化器5-2-1~5-2-Nは、これら多重化された信号を高速逆フーリエ変換器5-3-1~5-3-Nへそれぞれ出力する。高速逆フーリエ変換器5-3-1~5-3-Nは、入力された信号系列を高速逆フーリエ変換し、送信アンテナ5-4-1~5-4-Nへ出力する。

【0011】そして、この送信アンテナ5-4-1~5-4-Nに入力された信号系列は、送信O F D M信号系列として、O F D M信号受信装置5からO F D M信号受信装置6に向けて送信される。

【0012】送信O F D M信号系列が送信アンテナ5-4-1~5-4-Nから送信されるタイミングについては、同期がとられている。送信アンテナ5-4-1~5-4-Nから送信された送信O F D M信号系列は、空間において相互に干渉する。したがって、O F D M信号受信装置6は、送信O F D M信号系列が空間において相互に干渉した信号（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を、受信アンテナ6-1-1~6-1-Nで受信する。

【0013】各受信O F D M信号系列が受信アンテナ6

-1-1~6-1-Nで受信されるタイミングについては、同期がとられている。受信O F D M信号系列においては、受信情報信号系列r₁、r₂、…、r_Nと、これらr₁、r₂、…、r_Nにそれぞれ対応した受信パイロット信号P_{r11}～P_{r1N}、P_{r21}～P_{r2N}、…、P_{rN1}～P_{rNN}とがそれぞれ時間軸上において多重化されている。

【0014】受信アンテナ6-1-1~6-1-Nで受信された信号は、高速フーリエ変換器6-2-1~6-2-Nに入力され、高速フーリエ変換される。伝達係数は、O F D M信号の各サブキャリアがO F D Mシンボル内において一定振幅で一定位相の信号であるため、次のようにになる。

【0015】伝達係数は、サブキャリアごとに、送信アンテナの数Nと受信アンテナの数Nの積であるN×N個ある。したがって、O F D M信号の全サブキャリア数をM（Mは1以上の整数）とすると、伝達係数は、合計N×N×M個ある。

【0016】よって、M×N×N個の伝達係数は、全サブキャリアに係る、すべての送信アンテナと受信アンテナの組み合わせを表現する。i番目（1≤i≤N）のサブキャリアに着目して、このサブキャリアの伝達係数を行列Hⁱとすると、行列Hⁱは、前記送信パイロット信号と前記受信パイロット信号とを用いると、N×Nの正方行列として次のように表すことができる。

【0017】

【数1】

$$\mathbf{H}^i = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & \cdots & h_{1N} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & \cdots & h_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \cdots & \cdots & h_{NN} \end{pmatrix}$$

ここで、h_{ij}は、送信アンテナ5-4-i（1≤i≤N）から受信アンテナ6-1-j（1≤j≤N）への伝達係数である。

【0018】以下、本明細書においては、行列Hを伝達係数行列と呼ぶ。行列Hⁱを用いると、i番目のサブキャリアにおいて、前記送信パイロット信号P₁₁～P_{1N}、P₂₁～P_{2N}、…、P_{N1}～P_{NN}と前記受信パイロット信号P_{r11}～P_{r1N}、P_{r21}～P_{r2N}、…、P_{rN1}～P_{rNN}との関係は、つぎのようになる。

【0019】

【数2】

$$\begin{pmatrix} P_{r11} & P_{r21} & \cdots & \cdots & P_{rN1} \\ P_{r12} & P_{r22} & \cdots & \cdots & P_{rN2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ P_{r1N} & P_{r2N} & \cdots & \cdots & P_{rNN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{21} & \cdots & \cdots & P_{N1} \\ P_{12} & P_{22} & \cdots & \cdots & P_{N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ P_{1N} & P_{2N} & \cdots & \cdots & P_{NN} \end{pmatrix} \cdot \mathbf{H}^i$$

行列 H^1 の逆行列である $(H^1)^{-1}$ （伝達係数逆行列）を次のように求める。

【0020】

【数3】

$$(H^1)^{-1} = \begin{pmatrix} P_{r11} & P_{r21} & \cdots & P_{rN1} \\ P_{r12} & P_{r22} & \cdots & P_{rN2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{r1N} & P_{r2N} & \cdots & P_{rNN} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} P_{11} & P_{21} & \cdots & P_{N1} \\ P_{12} & P_{22} & \cdots & P_{N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{1N} & P_{2N} & \cdots & P_{NN} \end{pmatrix}$$

逆行列演算器4-3は、各サブキャリアの伝達係数逆行列をそれぞれ記憶する。

【0021】一方、伝達係数行列 H^1 を用いると、送信情報信号系列 T_1, T_2, \dots, T_N と受信情報信号系列 r_1, r_2, \dots, r_N との関係は、次のように表される。

【0022】

【数4】

$$(R_1 \ R_2 \ \cdots \ R_N) = (T_1 \ T_2 \ \cdots \ T_N) \cdot H^1$$

干渉キャンセラ4-4は、数4と、高速フーリエ変換器4-2-1～4-2-Nから入力された受信情報信号系列 r_1, r_2, \dots, r_N と、逆行列演算器4-3から入力された伝達係数逆行列 $(H^1)^{-1}$ と用いて、送信情報信号情報系列 T_1, T_2, \dots, T_N を次のように復元する。

【0023】

【数5】

$$(T_1 \ T_2 \ \cdots \ T_N) = (R_1 \ R_2 \ \cdots \ R_N) \cdot (H^1)^{-1}$$

サブキャリア干渉キャンセラ2-4の出力信号系列は復調器2-5-1～2-5-Nで復調される。

【0024】このように、従来のO F D M信号伝送装置は、O F D M信号送信装置5が送信情報信号系列と既知のパイラット信号と多重化し、O F D M信号受信装置6が受信パイラット信号の位相・振幅を既知のパイラット信号で正規化することによって、伝達係数を求めていた。

【0025】そして、この従来のO F D M信号伝送装置は、干渉キャンセルのための伝達係数逆行列をサブキャリアごとに求め、数5に示した演算を行うことにより、複数の送信アンテナから送信された送信O F D M信号相互の干渉をキャンセルし、送信情報信号系列を復元していた。

【0026】以上説明したように、従来のO F D M伝送装置によれば、同一の周波数帯域でN系統の送信情報信号系列の送受信を行うことができるため、この技術を用いないO F D M信号伝送装置に比べて、周波数帯域を増加させることなくN倍の容量の情報を伝送することができた。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来のO

F D M信号伝送装置は、複数の送信アンテナと受信アンテナとを有しているものの、その干渉キャンセル後の信号系列の信号対雑音電力比(S N R : S i g n a l t o N o i s e p o w e r R a t i o)の平均値が、送信アンテナと受信アンテナがともに1個のO F D M信号伝送装置におけるS N Rの平均値と、同程度であるという問題があった。以下、かかる問題について説明する。

【0028】送信アンテナと受信アンテナを1個ずつ使用するO F D M伝送装置におけるi番目のサブキャリアの高速フーリエ変換後の受信情報信号を r^i とすると、この受信情報信号 r^i は、逆高速フーリエ変換前の送信情報信号 t^i 、送信アンテナと受信アンテナとの間の伝達係数 h^i 、および加法性ガウス雑音(A W G N : A d d i t i v e W h i t e G a u s s i a n N o i s e)成分 n^i を用いて次式で表される。

【0029】

【数6】

$$r^i = t^i h^i + n^i$$

このとき、 r^i の平均S N Rは次式で与えられる。

【0030】

【数7】

$$\overline{\left(\frac{S}{N}\right)_i} = \frac{|h|^2 |t^i|^2}{\sigma_v^2}$$

ここで $|h|$ は、 h^i の位相が一様分布、 h^i の振幅がレイリー分布と仮定した場合の該振幅の平均値である。 σ_v^2 はA W G Nの分散値である。

【0031】一方、送信アンテナと受信アンテナをN個ずつ使用する上記従来のO F D M伝送装置におけるi番目のサブキャリアの各アンテナにおける高速フーリエ変換後の受信情報信号系列 r^i ($= r_1^i \ r_2^i \ \cdots \ r_N^i$)と、逆高速フーリエ変換前の送信信号系列 t^i ($= t_1^i \ t_2^i \ \cdots \ t_N^i$)との関係は、受信情報信号系列 r^i に含まれるA W G N成分 n^i ($= n_1^i \ n_2^i \ \cdots \ n_N^i$)と、m番目($1 \leq m \leq N$)の送信アンテナとn番目($1 \leq n \leq N$)の受信アンテナとの間の伝達係数 h_{mn}^i とを用いて次式で与えられる。

【0032】

【数8】

$$r^i = t^i \cdot H^i + n^i$$

ただし、

【0033】

【数9】

$$\mathbf{H}^i = \begin{pmatrix} h_{1,1}^i & h_{1,2}^i & \cdots & h_{1,N}^i \\ h_{2,1}^i & h_{2,2}^i & \cdots & h_{2,N}^i \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N,1}^i & h_{N,2}^i & \cdots & h_{N,N}^i \end{pmatrix}^{31}$$

である。ここで \mathbf{H}^i は伝達係数行列であり、 $(\mathbf{H}^i)^{-1}$ はその逆行列である伝達係数逆行列である。

【0034】前記サブキャリア伝達係数逆行列演算器6-3において伝達係数逆行列 $(\mathbf{H}^i)^{-1}$ を誤差なしで得られた場合、前記サブキャリア干渉キャンセラ6-4においてサブキャリア i の受信情報信号系列 \mathbf{H}^i に $(\mathbf{H}^i)^{-1}$ を乗算した結果であるサブキャリア干渉キャンセラ出力*

$$\begin{aligned} (\mathbf{u}'_1 & \quad \mathbf{u}'_2) = (\mathbf{t}'_1 \quad \mathbf{t}'_2) + (\mathbf{n}'_1 \quad \mathbf{n}'_2) \cdot \begin{pmatrix} h_{1,1}^i & h_{1,2}^i \\ h_{2,1}^i & h_{2,2}^i \end{pmatrix}^{-1} \\ &= (\mathbf{t}'_1 \quad \mathbf{t}'_2) + \frac{1}{h_{1,1}^i h_{2,2}^i - h_{1,2}^i h_{2,1}^i} (h_{2,2}^i n'_1 - h_{2,1}^i n'_2 \quad - h_{1,2}^i n'_1 + h_{1,1}^i n'_2) \end{aligned}$$

4つの伝達係数 h^i_m 、 n^i_m ($m = 1, 2$ 、 $n = 1, 2$) は、それぞれ統計的に独立であり、その位相が一様分布しており、その振幅がレイリー分布で平均値が $|h|$ とする。

【0037】また、2つのACCN成分 n^i_1 、 n^i_2 は、それぞれ統計的に独立であり、 σ_v^2 を分散値とする複素※

$$\begin{aligned} \overline{\left(\frac{S}{N}\right)}_{n'_1} &= \frac{\left(|h_{1,1}^i h_{2,2}^i - h_{1,2}^i h_{2,1}^i|^2\right)}{\left(|h_{2,2}^i n'_1 - h_{2,1}^i n'_2|^2\right)} \cdot \overline{|t'_1|^2} = \frac{\left(|h_{1,1}^i|^2 |h_{2,2}^i|^2 + |h_{1,2}^i|^2 |h_{2,1}^i|^2\right)}{\left(|h_{2,2}^i|^2 |n'_1|^2 + |h_{2,1}^i|^2 |n'_2|^2\right)} \cdot \overline{|t'_1|^2} \\ &= \frac{|h|^2 \overline{|t'_1|^2}}{\sigma_v^2} \end{aligned}$$

同様に \mathbf{u}'_2 の平均SNRも以下の式で表される。

【0039】

【数13】

$$\overline{\left(\frac{S}{N}\right)}_{u'_2} = \frac{|h|^2 \overline{|t'_2|^2}}{\sigma_v^2}$$

【0040】(数7)と、(数12)および(数13)とを比較すると、送信情報信号系列が同一であれば、アンテナ数 $N = 2$ の従来のOFDM信号伝送装置における干渉キャンセル後の信号系列の平均SNRは、送信アンテナと受信アンテナがともに1個であるOFDM信号伝送装置における高速フーリエ変換後の受信情報信号系列の平均SNRと同一になる。

【0041】同様に、アンテナ数 $N \geq 3$ の従来のOFDM信号伝送装置における干渉キャンセル後の信号系列の平均SNRも、送信アンテナと受信アンテナがともに1個であるOFDM信号伝送装置における高速フーリエ変換後の受信情報信号系列の平均SNRと同一になる。

* 信号系列 \mathbf{u}' (= \mathbf{u}'_1 $\quad \mathbf{u}'_2$ $\cdots \mathbf{u}'_N$) は以下の式で表すことができる。

【0035】

【数10】

$$\begin{aligned} \mathbf{u}' &= \mathbf{r}' \cdot (\mathbf{H}^i)^{-1} = (\mathbf{t}' \cdot \mathbf{H}^i + \mathbf{n}') \cdot (\mathbf{H}^i)^{-1} \quad (\because \text{【数8】}) \\ &= \mathbf{t}' + \mathbf{n}' \cdot (\mathbf{H}^i)^{-1} \end{aligned}$$

ここで、たとえば、 $N = 2$ の場合、(数10)は以下の式で表すことができる。

【0036】

【数11】

※ガウス分布をとるとする。すると、サブキャリア干渉キャンセラの出力信号 \mathbf{u}'_1 の平均SNRは以下の式で表される。

【0038】

【数12】

30 【0042】したがって、上述したように、従来のOFDM信号伝送装置における干渉キャンセル後の信号系列の平均SNRは、送信アンテナと受信アンテナがともに1個であるOFDM信号伝送装置における平均SNRと、同程度のものであった。

【0043】そこで、本発明は、かかる事情に鑑み、複数の送信アンテナと受信アンテナとを有するOFDM信号伝送装置において、干渉キャンセル後の信号系列の平均SNRを従来に比べて向上できるOFDM信号伝送装置、OFDM信号受信装置およびOFDM信号伝送方法を提供することを目的とする。

【0044】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、上記課題は、前記特許請求の範囲に記載の手段により、解決される。

【0045】すなわち、請求項1に記載の発明は、入力されたN系統(Nは2以上の整数)の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するN個のパイロット信号生成器と、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するN個のパ

イロット信号多重化器と、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うN個のO F D M変調器と、前記N個のO F D M変調器が outputする信号系列（以下、O F D M変調器が outputする信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するN本の送信アンテナと、を有するO F D M信号送信装置と、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を受信するN本の受信アンテナと、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うN個の高速フーリエ変換器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うN個の第1の復調器と、前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うN個の再変調器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するN個の遅延発生器と、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するN個の第2の復調器と、を有するO F D M信号受信装置と、を備えることを特徴とするO F D M信号伝送装置である。

【0046】請求項2に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の

信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列演算器と、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器と、を有することを特徴とする請求項1に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0047】請求項3に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、ことを特徴とする請求項2に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0048】請求項4に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が outputするレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信

号系列を出力するレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、を有することを特徴とする請求項1に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0049】請求項5に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項4に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0050】請求項6に記載の発明は、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うN個の第1の誤り訂正符号器と、前記N個の第1の誤り訂正符号器が output する信号系列に対してインタリーブを行うN個の第1のインタリーバと、既知のパイロット信号系列を生成するN個のパイロット信号生成器と、前記N個の第1のインタリーバが output する信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成するN個の既知のパイロット信号系列とを多重化するN個のパイロット信号多重化器と、前記N個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うN個のO F D M変調器と、前記N個のO F D M変調器が output する信号系列（以下、O F D M変調器が output する信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するN本の送信アンテナと、を有するO F D M信号送信装置と、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を受信するN本の受信アンテナと、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対して高速フーリエ変換を行うN個の高速フーリエ変換器と、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、前記N個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、前記サブキャリア干渉キャンセラが output するN系統の信号系列の復調を行うN個の第1の復調器と、前記N個の第1の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うN個の第1のデインタリーバと、前記N個の第1のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行ったN個の第1の誤り訂正復号器と、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行ったN個

の第2の誤り訂正符号器と、前記N個の第2の誤り訂正符号器の出力に対し、第1のインタリーバと同一のインタリーブを行うN個の第2のインタリーバと、前記N個の第2のインタリーバが output する信号系列に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うN個の再変調器と、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するN個の遅延発生器と、前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列と前記N個の再変調器が output するN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output するN系統の信号系列を復調するN個の第2の復調器と、前記N個の第2の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うN個の第2のデインタリーバと、前記N個の第2のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行ったN個の第2の誤り訂正復号器と、を有するO F D M信号受信装置と、を備えることを特徴とするO F D M信号伝送装置である。

【0051】請求項7に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が output する重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列演算器と、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が output する重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が output する信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列演算器が output する重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が output する重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器と、を有することを特徴とする請求項6に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0052】請求項8に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列

演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て 0 となる行列である、ことを特徴とする請求項 7 に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0053】請求項 9 に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記 N 個の遅延発生器が output する信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、前記 N 個の再変調器が output する信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が output する再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、前記受信情報信号行列演算器が output する受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が output するレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が output するレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が output するレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を output するレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、を有することを特徴とする請求項 6 に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0054】請求項 10 に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項 9 に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0055】請求項 11 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第 1 の誤り訂正復号器は、閾値復号を行い、前記第 2 の誤り訂正復号器は、最尤復号を行う、ことを特徴とする請求項 6 ～請求項 10 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0056】請求項 12 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第 1 の誤り訂正復号器は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が短いビタビ復号を行い、前記第 2 の誤り訂正復号器は、

前記第 1 の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が長いビタビ復号を行う、ことを特徴とする請求項 6 から請求項 10 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0057】請求項 13 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器は、ともに同一のターボ符号化を行い、前記第 1 の誤り訂正復号器は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号を行い、前記第 2 の誤り訂正復号器は、前記第 1 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号を行う、ことを特徴とする請求項 6 から請求項 10 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0058】請求項 14 に記載の発明は、入力された N 系統（N は 2 以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成する N 個のパイロット信号生成器と、前記 N 系統の送信情報信号系列と前記 N 個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化する N 個のパイロット信号多重化器と、前記 N 個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行う N 個の O F D M 変調器と、前記 N 個の O F D M 変調器が output する信号系列（以下、O F D M 変調器が output する信号系列を「送信 O F D M 信号系列」という。）を同一周波数で送信する N 本の送信アンテナと、を有する O F D M 信号送信装置と通信し、前記 N 本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信 O F D M 信号系列」という。）を受信する N 本の受信アンテナと、前記 N 本の受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列に対し高速フーリエ変換を行う N 個の高速フーリエ変換器と、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を input され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信 O F D M 信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、前記サブキャリア干渉キャンセラが output する N 系統の信号系列の信号判定を行う N 個の第 1 の復調器と、前記 N 個の第 1 の復調器が output する判定結果に対して前記 O F D M 変調器における変調と同一の変調方式で変調を行う N 個の再変調器と、前記 N 個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を input され、該信号系列を、前記サブキャ

リア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するN個の遅延発生器と、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するN個の第2の復調器と、を有することを特徴とするO F DM信号受信装置である。

【0059】請求項15に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生成行列演算器と、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去する減算器と、を有することを特徴とする請求項14に記載のO F DM信号受信装置である。

【0060】請求項16に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、ことを特徴とする請求項15に記載のO F DM信号受信装置である。

【0061】請求項17に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、前記N個の再変調器が出

力する信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、前記レプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を outputするレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、を有することを特徴とする請求項14に記載のO F DM信号受信装置である。

【0062】請求項18に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項17に記載のO F DM信号受信装置である。

【0063】請求項19に記載の発明は、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うN個の第1の誤り訂正符号器と、前記N個の第1の誤り訂正符号器が outputする信号系列に対してインタリーブを行うN個の第1のインタリーバと、既知のパイロット信号系列を生成するN個のパイロット信号生成器と、前記N個の第1のインタリーバが outputする信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成するN個の既知のパイロット信号系列とを多重化するN個のパイロット信号多重化器と、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うN個のO F DM変調器と、前記N個のO F DM変調器が outputする信号系列

40 (以下、「O F DM変調器が outputする信号系列を「送信O F DM信号系列」という。)を同一周波数で送信するN本の送信アンテナと、を有するO F DM信号送信装置と通信し、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列(以下、「受信O F DM信号系列」という。)を受信するN本の受信アンテナと、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F DM信号系列に対して高速フーリエ変換を行うN個の高速フーリエ変換器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既

知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するサブキャリア伝達係数行列演算器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信OFDM信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラと、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の復調を行うN個の第1の復調器と、前記N個の第1の復調器が outputする信号系列に対しデインタリーブを行うN個の第1のデインタリーバと、前記N個の第1のデインタリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うN個の第1の誤り訂正復号器と、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うN個の第2の誤り訂正符号器と、前記N個の第2の誤り訂正符号器の出力に対し、第1のインタリーバと同一のインタリーブを行うN個の第2のインタリーバと、前記N個の第2のインタリーバが outputする信号系列に対して前記OFDM変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うN個の再変調器と、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を inputされ、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するN個の遅延発生器と、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを inputされ、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うサブキャリア重み付け干渉キャンセラと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するN個の第2の復調器と、前記N個の第2の復調器が outputする信号系列に対しデインタリーブを行うN個の第2のデインタリーバと、前記N個の第2のデインタリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うN個の第2の誤り訂正復号器と、を有することを特徴とするOFDM信号受信装置である。

【0064】請求項20に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、前記サブキャ

リア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算する重み付けレプリカ生成行列演算器と、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が outputする重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が outputする信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算する重み付けレプリカ信号系列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が outputする重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた相互干渉成分を除去する減算器と、を有することを特徴とする請求項19に記載のOFDM信号受信装置である。

【0065】請求項21に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、ことを特徴とする請求項20に記載のOFDM信号受信装置である。

【0066】請求項22に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算する受信情報信号行列演算器と、前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算する再変調信号行列演算器と、前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するレプリカ信号行列演算器と、前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算する減算器と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するレプリカ減算後重み付け行列演算器と、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が outputするレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を outputするレプリカ減算後重み付け信号系列演算器と、を有することを特徴とする請求項19に記載のO

受信装置である。

【0067】請求項23に記載の発明は、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算する重み付け受信情報信号系列行列演算器と、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が outputする重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算する重み付け受信情報信号系列演算器と、前記サブキャ

OFDM信号受信装置である。

【0067】請求項23に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項22に記載のOFDM信号受信装置である。

【0068】請求項24に記載の発明は、前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、閾値復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、最尤復号を行う、ことを特徴とする請求項19～請求項23までのいずれか1項に記載のOFDM信号受信装置である。

【0069】請求項25に記載の発明は、前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一の畳込み符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、前記第2の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が短いビタビ復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、前記第1の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が長いビタビ復号を行う、ことを特徴とする請求項19から請求項23までのいずれか1項に記載のOFDM信号受信装置である。

【0070】請求項26に記載の発明は、前記第1の誤り訂正符号器および前記第2の誤り訂正符号器は、ともに同一のターボ符号化を行い、前記第1の誤り訂正復号器は、前記第2の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号を行い、前記第2の誤り訂正復号器は、前記第1の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号を行う、ことを特徴とする請求項19から請求項23までのいずれか1項に記載のOFDM信号受信装置である。

【0071】請求項27に記載の発明は、N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のOFDM変調器とN本の送信アンテナとを有するOFDM信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラとN個の第2の復調器とを有するOFDM信号受信装置と、を備えるOFDM信号受信装置における、OFDM信号伝送方法であって、前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のOFDM変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、前記N本の送信アンテナ

が、前記N個のOFDM変調器が outputする信号系列（以下、OFDM変調器が outputする信号系列を「送信OFDM信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列

（以下、「受信OFDM信号系列」という。）が受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信OFDM信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信OFDM信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記OFDM変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行うステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するステップと、を有することを特徴とするOFDM信号伝送方法である。

【0072】請求項28に記載の発明は、N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のOFDM変調器とN本の送信アンテナとを有するOFDM信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラ

は、重み付け受信情報信号系列行列演算器と重み付け受信情報信号系列演算器と重み付けレプリカ生成行列演算器と重み付けレプリカ信号系列演算器と減算器とを有する。)とN個の第2の復調器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号受信装置における、O F D M信号伝送方法であって、前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統(Nは2以上の整数)の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が出力する信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が出力する信号系列(以下、O F D M変調器が出力する信号系列を「送信O F D M信号系列」という。)を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列(以下、

「受信O F D M信号系列」という。)が受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列(伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。)と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が出力する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが输出するN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が输出する判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が输出するN系統の信号系列と前記N個の再変調器が输出するN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が出力する伝

10

20

30

40

50

達係数行列とを入力されるステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が输出する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列演算器が、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が输出する重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が输出するN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ生成行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が输出する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ(「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。)を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ信号系列演算器が、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が输出する重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が出力する信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記重み付け受信情報信号系列演算器が输出する重み付け受信情報信号系列から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が输出する重み付けレプリカ信号系列を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた前記相互干渉の成分を除去するステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが输出するN系統の信号系列を復調するステップと、を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法である。

【0073】請求項29に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が输出する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が输出する各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、ことを特徴とする請求項28に記載のO F D M信号伝送方法である。

【0074】請求項30に記載の発明は、N個のパイロット信号生成器とN個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ(サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、受信情報信号行列演算器と再変調信号行列演算器と

レプリカ信号行列演算器と減算器とレプリカ減算後重み付け行列演算器とレプリカ減算後重み付け信号系列演算器とを有する。) とN個の第2の復調器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号受信装置における、O F D M信号伝送方法であって、前記N個のパイロット信号生成器が、入力されたN系統(Nは2以上の整数)の送信情報信号系列のそれぞれに対して、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N系統の送信情報信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成する既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が outputする信号系列(以下、O F D M変調器が outputする信号系列を「送信O F D M信号系列」という。)を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列(以下、「受信O F D M信号系列」という。)が受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対し高速フーリエ変換を行うステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号系列の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列(伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。)と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の信号判定を行うステップと、前記N個の再変調器が、前記N個の第1の復調器が outputする判定結果に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを入力されるステップと、前

記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの受信情報信号行列演算器が、前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの再変調信号行列演算器が、前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ信号行列演算器が、前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ(「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。)を生成するためのレプリカ信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け信号系列演算器が、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が outputするレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を outputするステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列を復調するステップと、を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法である。

【0075】請求項31に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項30に記載のO F D M信号伝送装置である。

【0076】請求項32に記載の発明は、N個の第1の誤り訂正符号器とN個の第1のインタリーバとN個のパイロット信号生成器N個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の第1のデインタリーバとN個の第1の誤り訂正復号器とN個の第2の誤り訂正符号器とN個の第2のインタリーバとN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラとN個の第2の復調器とN個の第2のデインタリーバとN個の第2の誤り訂正復号器とを有するO F D M信号受信装置と、

を備えることを特徴とするO F DM信号伝送装置における、O F DM信号伝送方法であって、前記N個の第1の誤り訂正符号器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うステップと、前記N個の第1のインタリーバが、前記N個の第1の誤り訂正符号器が出力する信号系列に対してインタリーブを行うステップと、前記N個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N個の第1のインタリーバが出力する信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成するN個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のO F DM変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が出力する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換を行なうステップと、前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F DM変調器が出力する信号系列（以下、「O F DM変調器が出力する信号系列を「送信O F DM信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F DM信号系列」という。）を受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F DM信号系列に対して高速フーリエ変換を行なうステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数逆行列演算器が输出する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F DM信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが出力するN系統の信号系列の復調を行なうステップと、前記N個の第1のデインタリーバが、前記N個の第1の復調器が出力する信号系列に対しデインタリーブを行なうステップと、前記N個の第1の誤り訂正復号器が、前記N個の第1のデインタリーバが出力する信号系列に対し誤り訂正復号を行なうステップと、前記N個の第2の誤り訂正符号器が、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行なうステップと、前記N個の第2のインタリーバが、前記N個の第2の誤り訂正符号器の出力に対し、第1のインタリーバと同一のインタリーブを行なうステップと、前記

N個の再変調器が、前記N個の第2のインタリーバが出力する信号系列に対して前記O F DM変調器における変調と同一の変調方式で変調を行なうステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が出力する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が出力するN系統の信号系列と前記N個の再変調器が出力するN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が出力する伝達係数行列とを入力され、前記N個の遅延発生器が出力するN系統の信号系列に対して、前記相互干渉の成分の除去および重み付け加算を行なうステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが出力するN系統の信号系列を復調するステップと、前記N個の第2のデインタリーバが、前記N個の第2の復調器が出力する信号系列に対しデインタリーブを行なうステップと、前記N個の第2の誤り訂正復号器が、前記N個の第2のデインタリーバが出力する信号系列に対し誤り訂正復号を行なうステップと、を有することを特徴とするO F DM信号伝送方法である。

【0077】請求項33に記載の発明は、N個の第1の誤り訂正符号器とN個の第1のインタリーバとN個のパイロット信号生成器N個のパイロット信号多重化器とN個のO F DM変調器とN本の送信アンテナとを有するO F DM信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラとN個の第1の復調器とN個の第1のデインタリーバとN個の第1の誤り訂正復号器とN個の第2の誤り訂正符号器とN個の第2のインタリーバとN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、重み付け受信情報信号系列行列演算器と重み付け受信情報信号系列演算器と重み付けレプリカ生成行列演算器と重み付けレプリカ信号系列演算器と減算器とを有する。）とN個の第2の復調器とN個の第2のデインタリーバとN個の第2の誤り訂正復号器とを有するO F DM信号受信装置と、を備えるO F DM信号伝送装置における、O F DM信号伝送方法であって、前記N個の第1の誤り訂正符号器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行なうステップと、前記N個の第1のインタリーバが、前記N個の第1の誤り訂正符号器が出力する信号系列に対してインタリーブを行なうステップと、前記N個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N個の第1のインタリーバが出力する信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成するN個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のO F DM変調器

が、前記N個のパイロット信号多重化器が output する信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が output する信号系列（以下、「O F D M変調器が output する信号系列を「送信O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対して高速フーリエ変換を行うステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を入力され、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が output する各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが output するN系統の信号系列の復調を行うステップと、前記N個の第1のデインタリーバが、前記N個の第1の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、前記N個の第1の誤り訂正復号器が、前記N個の第1のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、前記N個の第2の誤り訂正復号器が、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うステップと、前記N個の第2のインタリーバが、前記N個の第2の誤り訂正復号器の出力に対し、第1のインタリーバと同一のインタリーブを行うステップと、前記N個の再変調器が、前記N個の第2のインタリーバが output する信号系列に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が output する信号系列を入力され、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて output するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列と前記N個の再変調器が output するN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する伝達係数行列とを入力されるステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列行列演算器

が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて重み付け受信情報信号系列行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付け受信情報信号系列演算器が、前記重み付け受信情報信号系列行列演算器が output する重み付け受信情報信号系列行列と前記N個の遅延発生器が output するN系統の信号系列とを用いて重み付け受信情報信号系列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ生成行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列を用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するための重み付けレプリカ生成行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの重み付けレプリカ信号系列演算器が、前記重み付けレプリカ生成行列演算器が output する重み付けレプリカ生成行列と前記N個の再変調器が output する信号系列とを用いて重み付けレプリカ信号系列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記重み付け受信情報信号系列演算器が output する重み付け受信情報信号系列の値から、前記重み付けレプリカ信号系列演算器が output する重み付けレプリカ信号系列の値を減算することにより、前記重み付けされた受信情報信号系列から重み付けされた相互干渉成分を除去するステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが output するN系統の信号系列を復調するステップと、前記N個の第2のデインタリーバが、前記N個の第2の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、前記N個の第2の誤り訂正復号器が、前記N個の第2のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、を有することを特徴とするO F D M信号伝送方法である。

【0078】請求項34に記載の発明は、前記重み付け受信情報信号系列行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であり、前記重み付けレプリカ生成行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列と当該伝達係数行列の共役転置行列とを乗算した結果である行列に対して、非対角成分が全て同一で、かつ、対角成分が全て0である行列である、ことを特徴とするO F D M信号伝送装置である。

【0079】請求項35に記載の発明は、N個の第1の誤り訂正符号器とN個の第1のインタリーバとN個のパイロット信号生成器N個のパイロット信号多重化器とN個のO F D M変調器とN本の送信アンテナとを有するO F D M信号送信装置と、N本の受信アンテナとN個の高速フーリエ変換器とサブキャリア伝達係数行列演算器とキャンセルするサブキャリア干渉キャンセラとN個の第

1の復調器とN個の第1のデインタリーバとN個の第1の誤り訂正復号器とN個の第2の誤り訂正符号器とN個の第2のインタリーバとN個の再変調器とN個の遅延発生器とサブキャリア重み付け干渉キャンセラ（サブキャリア重み付け干渉キャンセラは、受信情報信号行列演算器と再変調信号行列演算器とレプリカ信号行列演算器とレプリカ減算後信号行列を演算する減算器とレプリカ減算後重み付け行列演算器とレプリカ減算後重み付け信号系列演算器とを有する。）とN個の第2の復調器とN個の第2のデインタリーバとN個の第2の誤り訂正復号器とを有するO F D M信号受信装置と、を備えるO F D M信号伝送装置における、O F D M信号伝送方法であって、前記N個の第1の誤り訂正符号器が、入力されたN系統（Nは2以上の整数）の送信情報信号系列のそれぞれに対して誤り訂正符号化を行うステップと、前記N個の第1のインタリーバが、前記N個の第1の誤り訂正符号器が outputする信号系列に対してインタリーブを行うステップと、前記N個のパイロット信号生成器が、既知のパイロット信号系列を生成するステップと、前記N個のパイロット信号多重化器が、前記N個の第1のインタリーバが outputする信号系列と前記N個のパイロット信号生成器が生成するN個の既知のパイロット信号系列とを多重化するステップと、前記N個のO F D M変調器が、前記N個のパイロット信号多重化器が outputする信号系列に対して、変調と逆高速フーリエ変換とを行うステップと、前記N本の送信アンテナが、前記N個のO F D M変調器が outputする信号系列（以下、「O F D M信号系列」という。）を同一周波数で送信するステップと、前記N本の受信アンテナが、前記N本の送信アンテナから送信され空間において相互干渉した信号系列（以下、「受信O F D M信号系列」という。）を受信するステップと、前記N個の高速フーリエ変換器が、前記N本の受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列に対して高速フーリエ変換を行うステップと、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列に含まれる受信パイロット信号系列を inputされ、該受信パイロット信号の受信振幅および位相と、前記既知のパイロット信号の振幅および位相とを用いて、伝達係数行列（伝達係数行列は、前記各送信アンテナと前記各受信アンテナとの間の各サブキャリアの伝達係数を各要素とする。）と、その逆行列である伝達係数逆行列とを演算して記憶するステップと、前記サブキャリア干渉キャンセラが、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする各サブキャリアの信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数逆行列との積を演算し、前記各受信アンテナで受信された受信O F D M信号系列の前記相互干渉の成分をキャンセルするステップと、前記N個の第1の復調器が、前記サブキャリア干渉キャンセラが outputするN系統の信号系列の復調を行なう。

行うステップと、前記N個の第1のデインタリーバが、前記N個の第1の復調器が outputする信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、前記N個の第1の誤り訂正復号器が、前記N個の第1のデインタリーバが outputする信号系列に対し誤り訂正復号を行うステップと、前記N個の第2の誤り訂正符号器が、前記N個の第1の誤り訂正復号器の出力に対し、第1の誤り訂正符号器と同一の誤り訂正符号化を行うステップと、前記N個の第2のインタリーバが、前記N個の第2の誤り訂正符号器の出力に対し、第1のインタリーバと同一のインタリーブを行うステップと、前記N個の再変調器が、前記N個の第2のインタリーバが outputする信号系列に対して前記O F D M変調器における変調と同一の変調方式で変調を行うステップと、前記N個の遅延発生器が、前記N個の高速フーリエ変換器が outputする信号系列を inputされ、該信号系列を、前記サブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間遅延させて出力するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが、前記N個の遅延発生器が outputするN系統の信号系列と前記N個の再変調器が outputするN系統の信号系列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする伝達係数行列とを inputされるステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの受信情報信号行列演算器が、前記N個の遅延発生器が outputする信号系列を用いて受信情報信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの再変調信号行列演算器前記N個の再変調器が outputする信号系列を用いて再変調信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ信号行列演算器が、前記再変調信号行列演算器が outputする再変調信号行列と前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、重み付けられたレプリカ（「レプリカ」とは、受信情報信号系列における前記相互干渉の成分の複製をいう。）を生成するためのレプリカ信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラの減算器が、前記受信情報信号行列演算器が outputする受信情報信号行列から、前記レプリカ信号行列演算器が outputするレプリカ信号行列を減算することにより、受信情報信号行列から前記相互干渉の成分が除去されたレプリカ減算後信号行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け行列演算器が、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が outputする各サブキャリアの伝達係数行列を用いてレプリカ減算後重み付け行列を演算するステップと、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラのレプリカ減算後重み付け信号系列演算器が、前記レプリカ減算後重み付け行列演算器が outputするレプリカ減算後重み付け行列と前記減算器が outputするレプリカ減算後信号行列とを用いてレプリカ減算後重み付け信号系列を outputするステップと、前記N個の第2の復調器が、前記サブキャリア重み付け干

涉キャンセラが output する N 系統の信号系列を復調するステップと、前記 N 個の第 2 のデインタリーバが、前記 N 個の第 2 の復調器が output する信号系列に対しデインタリーブを行うステップと、前記 N 個の第 2 の誤り訂正復号器が、前記 N 個の第 2 のデインタリーバが output する信号系列に対し誤り訂正復号を行なうステップと、を有することを特徴とする O F D M 信号伝送方法である。

【0080】請求項 3 6 に記載の発明は、前記レプリカ減算後重み付け行列は、前記サブキャリア伝達係数行列演算器が output する各サブキャリアの伝達係数行列の共役転置行列であることを特徴とする請求項 3 5 に記載の O F D M 信号伝送装置である。

【0081】請求項 3 7 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一の畳込み符号化であり、前記第 1 の誤り訂正復号器の復号化方式は、閾値復号であり、前記第 2 の誤り訂正復号器の復号化方式は、最尤復号である、ことを特徴とする請求項 3 2 ～請求項 3 6 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送方法である。

【0082】請求項 3 8 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一の畳込み符号化であり、前記第 1 の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が短いビタビ復号であり、前記第 2 の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第 1 の誤り訂正復号器よりもバスメモリ長が長いビタビ復号である、ことを特徴とする請求項 3 2 ～請求項 3 6 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送方法である。

【0083】請求項 3 9 に記載の発明は、前記第 1 の誤り訂正符号器および前記第 2 の誤り訂正符号器の符号化方式は、ともに同一のターボ符号化であり、前記第 1 の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第 2 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号であり、前記第 2 の誤り訂正復号器の復号化方式は、前記第 1 の誤り訂正復号器よりも繰り返し復号処理回数が多いターボ復号である、ことを特徴とする請求項 3 2 ～請求項 3 6 までのいずれか 1 項に記載の O F D M 信号伝送方法である。

【0084】本発明において、O F D M 受信装置は、伝達係数逆行列を用いて干渉キャンセルを行なった後、一度復調した信号系列を O F D M 送信装置における変調方式と同一の変調方式で再変調する、あるいは、一度誤り訂正復号化した信号系列に対し、O F D M 送信装置における変調方式と同一の誤り訂正符号化を行なった後、この誤り訂正符号化した信号系列を O F D M 送信装置における変調方式と同一の変調方式で再変調する。また、本発明において、O F D M 受信装置は、伝達係数逆行列とともに伝達係数行列を演算する。

【0085】本発明において、O F D M 受信装置は、重み付け干渉キャンセラを有し、この重み付け干渉キャン

セラは、変調後の信号系列に対して、それぞれ伝達係数行列から演算した行列で重み付けを行なった後から、この重み付けされた受信情報信号系列から、重み付けされた再変調後の信号系列に基づいて演算した相互干渉の成分のレプリカを差し引き、相互干渉の成分を除去する。

【0086】また、本発明によれば、重み付け干渉キャンセラは、再変調後の信号系列から伝達係数行列を用いて相互干渉の成分のレプリカを演算し、受信情報信号系列から該相互干渉成分のレプリカを差し引き、受信情報信号系列からレプリカを差し引いた後の信号系列に対して、伝達係数行列を用いた重み付けを行う。

【0087】これによって、該相互干渉の成分除去後の信号系列の平均 S N R を、伝達係数や A W G N 成分の分布の条件が同一である場合において、従来方式の O F D M 信号伝送装置におけるサブキャリア干渉キャンセル後の受信情報信号系列の平均 S N R よりも高い値を得ることができる。

【0088】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。

(第 1 の実施の形態) 図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態を示す図である。図 1 に示すように、第 1 の実施の形態における O F D M 信号伝送装置は、O F D M 信号送信装置 1 と O F D M 信号受信装置 2 とを備えている。

【0089】O F D M 信号送信装置 1 において、パイロット信号多重化器 1-2-1～1-N は、O F D M 信号送信装置 1 から O F D M 信号受信装置 2 へ送信されるべき N 系統 (N は 2 以上の整数) の送信情報信号系列と、パイロット信号生成器 1-1-1～1-N がそれぞれ発生させる既知のパイロット信号とを入力される。各パイロット信号多重化器は、入力された送信情報信号系列と既知のパイロット信号とを時間軸上において多重化し出力する。

【0090】O F D M 信号送信装置 1 において、パイロット信号多重化器 1-2-1～1-N が output する信号系列は、O F D M 変調器 1-3-1～1-N へ入力される。各 O F D M 変調器は、入力されたパイロット信号多重化器の出力信号を変調し、逆高速フーリエ変換して出力する。

【0091】O F D M 信号送信装置 1 において、O F D M 変調器 1-3-1～1-N からそれぞれ出力された信号系列 (以下、この O F D M 変調器から出力される信号系列を「送信 O F D M 信号系列」という。) は、送信アンテナ 1-4-1～1-N から、O F D M 信号受信装置 2 に向けて、同一周波数帯において同時に送信される。

【0092】O F D M 信号送信装置 1 の送信アンテナ 1-4-1～1-N からそれぞれ送信された送信 O F D M 信号系列は、空間において互いに干渉する (以下、この干渉した信号系列を「受信 O F D M 信号系列」とい

う。)。

【0093】なお、OFDM信号送信装置1の送信アンテナ1-4-1~1-4-Nからそれぞれ送信される送信OFDM信号系列は、送信情報信号系列と既知のパイロット信号とが、時間軸上において多重化され、OFDM変調器において変調されたものである。

【0094】したがって、受信OFDM信号系列にも、情報信号系列と、既知のパイロット信号系列とが存在する。そこで、以下、受信OFDM信号系列における情報信号系列を受信情報信号系列とよぶ。また、受信OFDM信号系列における既知のパイロット信号系列を受信パイロット信号系列と呼ぶ。

【0095】受信OFDM信号系列は、OFDM信号受信装置2の受信アンテナ2-1-1~2-1-Nで受信される。受信アンテナ2-1-1~2-1-Nで受信された受信OFDM信号系列は、高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nにそれぞれ入力され、高速フーリエ変換される。

【0096】高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nが输出する受信OFDM信号系列においては、受信情報信号系列と受信パイロット信号系列とが多重化されており、この受信パイロット信号系列は、サブキャリア伝達係数行列演算器2-3に入力される。

【0097】サブキャリア伝達係数行列演算器2-3は、入力された受信パイロット信号系列と前記既知の送信パイロット信号とを用いて、上記従来のOFDM信号伝送装置と同様の方法で各サブキャリアの伝達係数行列および伝達係数逆行列を演算して記憶する。

【0098】サブキャリア干渉キャンセラ2-4は、高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nが输出する受信OFDM信号系列における受信情報信号系列と、サブキャリア伝達係数行列演算器2-3が输出する各サブキャリアの伝達係数逆行列とを入力され、これら入力された受信情報信号系列と伝達係数逆行列とを乗算することによって、受信情報信号系列の相互干渉をキャンセルする。

【0099】第1の復調器2-6-1~2-6-Nでは、サブキャリア干渉キャンセラ2-4が输出する信号系列の信号判定を行う。再変調器2-7-1~2-7-Nでは、第1の復調器2-6-1~2-6-Nが输出する信号判定結果を前記OFDM変調器1-3-1~1-3-Nで行う変調方式と同一の変調方式で再変調する。

【0100】遅延発生器2-5-1~2-5-Nは、高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nがoutputする受信情報信号系列を入力され、この入力された受信情報信号系列をサブキャリア干渉キャンセラから前記再変調器までの処理時間だけ遅延させて出力する。

【0101】すなわち、遅延発生器2-5-1~2-5-Nは、高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nがoutputする受信情報信号系列と、再変調器2-7-1~2-

-Nがoutputする信号系列とがサブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8において同期するように、当該高速フーリエ変換器2-2-1~2-2-Nがoutputする受信情報信号系列を遅延させる。

【0102】サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8では、再変調器2-7-1~2-7-Nがoutputする信号系列とサブキャリア伝達係数行列演算器2-3がoutputする各サブキャリアの伝達係数行列とを用いて、遅延発生器2-5-1~2-5-Nがoutputする受信情報信号系列の相互干渉の成分を除去する。

【0103】そして、第2の復調器2-9-1~2-9-Nでは、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8がoutputする信号系列を復調する。

【0104】図3は、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8の第1構成例であるサブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8Aを示す図である。図3において、i番目のサブキャリアに着目すると、重み付け受信情報信号系列行列演算器2-8A-iは、前記サブキャリア伝達係数行列演算器2-3がoutputする伝達係数行列Hⁱを用いて、重み付け受信情報信号系列行列Wⁱを演算し出力する。

【0105】重み付け受信情報信号系列演算器2-8A-2では、重み付け受信情報信号系列行列演算器2-8A-1がoutputする重み付け受信情報信号系列行列Wⁱと、前記遅延発生器2-5-1~2-5-Nがoutputする信号系列rⁱ(=r₁ⁱ、r₂ⁱ、…、r_Nⁱ)とを用いて、重み付け受信情報信号系列rⁱ·Wⁱを演算し出力する。

【0106】重み付けレプリカ生成行列演算器2-8A-3では、前記サブキャリア伝達係数行列演算器2-3がoutputする伝達係数行列Hⁱを用いて、重み付けレプリカ生成行列(Hⁱ·Wⁱ·Gⁱ)を演算し出力する。ここで、GⁱはHⁱ·Wⁱと全ての対角成分が同一であって、かつ、全ての非対角成分が0である行列である。

【0107】重み付けレプリカ信号系列演算器2-8A-4は、重み付けレプリカ生成行列演算器2-8A-3がoutputする重み付けレプリカ生成行列(Hⁱ·Wⁱ·Gⁱ)と前記再変調器2-7-1~2-7-Nがoutputする信号系列(数14)とを用いて、

【0108】

【数14】

$$\hat{\mathbf{t}}^i \quad (= (\hat{t}_1^i \quad \hat{t}_2^i \quad \cdots \quad \hat{t}_N^i))$$

重み付けレプリカ信号系列・(Hⁱ·Wⁱ·Gⁱ)を演算し出力する。減算器2-8A-5では、重み付け受信情報信号系列演算器2-8A-2がoutputする重み付け受信情報信号系列の値から、重み付けレプリカ信号系列演算器2-8A-4がoutputする重み付けレプリカ信号系列の値を減算して、相互干渉除去後の信号系列vⁱ(=(v₁

$v_1^i \cdots v_N^i$) を出力する。このとき v^i は次の式
で表される。

$$v^i = r^i \cdot W^i - \hat{t}^i \cdot (H^i \cdot W^i - G^i)$$

図4は、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8の第2の構成例であるサブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8Bを示す図である。

【0110】図4においても、図3と同様に i 番目のサブキャリアに着目すると、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8Bは、受信情報信号行列演算器2-8B-1で、遅延発生器2-5-1～2-5-Nが出力する受信情報信号系列を用いて受信情報信号行列

【0111】

【数16】

$$\mathbf{R}^i = \begin{pmatrix} \mathbf{r}^i \\ \mathbf{r}^i \\ \vdots \\ \mathbf{r}^i \end{pmatrix}$$

※を演算する。

【0112】再変調信号行列演算器2-8B-2では、前記再変調器2-7-1～2-7-Nが出力する信号系列を用いて、再変調信号行列

【0113】

【数17】

$$\hat{\mathbf{T}}^i = \begin{pmatrix} 0 & t'_1 & \cdots & \cdots & t'_N \\ \hat{t}'_1 & 0 & \hat{t}'_2 & \cdots & \hat{t}'_N \\ \vdots & \hat{t}'_2 & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \hat{t}'_N \\ \hat{t}'_1 & \hat{t}'_2 & \cdots & \hat{t}'_{N-1} & 0 \end{pmatrix} \stackrel{\text{※}}{=} \begin{pmatrix} \mathbf{t}' \\ \hat{\mathbf{t}}' \\ \vdots \\ \vdots \\ \hat{\mathbf{t}}' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} t'_1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & t'_2 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & t'_N \end{pmatrix}$$

を演算する。

【0114】レプリカ信号行列演算器2-8B-3では、再変調信号行列演算器2-8B-2が出力する再変調信号行列(数18)と、

【0115】

【数18】

$$\hat{\mathbf{T}}^i$$

サブキャリア伝達係数行列演算器2-3が出力する伝達係数行列 H^i を用いて、レプリカ信号行列(数19)を演算する。

【0116】

【数19】

$$\hat{\mathbf{T}}^i \cdot H^i$$

減算器2-8B-4は、受信情報信号行列演算器2-8B-1が出力する受信情報信号行列 R^i から、レプリカ信号行列演算器が出力するレプリカ信号行列(数19)を減算して、レプリカ減算後信号行列 X^i を(数20)

により演算する。

【0117】

【数20】

$$X^i = \mathbf{R}^i - \hat{\mathbf{T}}^i \cdot H^i$$

レプリカ減算後重み付け信号系列演算器2-8B-5は、サブキャリア伝達係数行列演算器2-3が出力する伝達係数行列 H^i を用いてレプリカ減算後重み付け行列 Y^i を演算し出力する。

【0118】レプリカ減算後重み付け信号系列演算器2-8B-6は、レプリカ減算後重み付け行列演算器2-8B-5が出力するレプリカ減算後重み付け行列 Y^i と減算器4-8B-4が出力するレプリカ減算後信号行列 X^i を用いてレプリカ減算後重み付け信号系列 U^i を出力する。

【0119】このとき X^i を行ベクトル $x^{i,j}$ ($1 \leq j \leq N$) を用いて、また、 Y^i を列ベクトル $y^{i,k}$ ($1 \leq k \leq N$) を用いて次のように表すと、

50 【0120】

【数21】

$$\mathbf{X}^i = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1^i \\ \mathbf{x}_2^i \\ \vdots \\ \mathbf{x}_N^i \end{pmatrix}, \quad \mathbf{Y}^i = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_1^{i,T} & \mathbf{y}_2^{i,T} & \cdots & \mathbf{y}_N^{i,T} \end{pmatrix}$$

* \mathbf{u}^i は (数22) で表される。

【0121】

【数22】

$$\mathbf{u}^i = \left((\mathbf{x}_1^i, \mathbf{y}_1^i) \quad (\mathbf{x}_2^i, \mathbf{y}_2^i) \quad \cdots \quad (\mathbf{x}_N^i, \mathbf{y}_N^i) \right)^*$$

ただし \mathbf{x}^i は、(数16)～(数21) より、次の式で

得られる。

【0122】

【数23】

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_j^i &= \mathbf{r}^i - (\hat{\mathbf{t}}^i - (0 \cdots 0 \quad i_j^i \quad 0 \cdots 0)) \cdot \mathbf{H}^i \\ &= \mathbf{r}^i \cdot \mathbf{H}^i - \hat{\mathbf{t}}^i \cdot \mathbf{H}^i + i_j^i \cdot \mathbf{h}_j^i \end{aligned}$$

ここで

【0123】

【数24】

$$\mathbf{h}_j^i = (h_{j,1}^i \quad h_{j,2}^i \quad \cdots \quad h_{j,N}^i)$$

である。したがって、 $(\mathbf{x}_j^i, \mathbf{y}_j^i)$ は (数25) で表される。

【0124】

【数25】

$$(\mathbf{x}_j^i, \mathbf{y}_j^i) = (\mathbf{r}^i \cdot \mathbf{H}^i, \mathbf{y}_j^i) - (\hat{\mathbf{t}}^i \cdot \mathbf{H}^i, \mathbf{y}_j^i) + i_j^i \cdot (\mathbf{h}_j^i, \mathbf{y}_j^i)$$

 \mathbf{u}^i は (数23)、(数25) を用いて、次の式で表さ

※れる。

【0125】

【数26】

$$\mathbf{u}^i = \mathbf{r}^i \cdot \mathbf{Y}^i - \hat{\mathbf{t}}^i (\mathbf{H}^i \cdot \mathbf{Y}^i - \mathbf{F}^i)$$

ここで \mathbf{F}^i は $\mathbf{H}^i \cdot \mathbf{Y}^i$ と全ての対角成分が同一であつて、全ての非対角成分が0である行列である。【0126】ここで、(数15) と (数26) とを比較すると \mathbf{v}^i と \mathbf{u}^i とは、 $\mathbf{W}^i = \mathbf{Y}^i$ である限り同一の式となる。したがって、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8Aとサブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8Bとは同一の機能と効果を有する。

【0127】次に、サブキャリア重み付け干渉キャンセラ2-8における干渉キャンセル効果と干渉キャンセル後の信号系列の平均S/Nについて説明する。(数15)において、

【0128】

【数27】

$$\mathbf{W}^i = \begin{pmatrix} w_{1,1}^i & w_{2,1}^i & \cdots & w_{N,1}^i \\ w_{1,2}^i & w_{2,2}^i & \cdots & w_{N,2}^i \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{1,N}^i & w_{2,N}^i & \cdots & w_{N,N}^i \end{pmatrix}$$

とすると、 \mathbf{G}^i は (数28) のように表すことができる。

【0129】

【数28】

$$\mathbf{G}^i = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^N h_{1,j}^i w_{1,j}^i & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & \sum_{j=1}^N h_{2,j}^i w_{2,j}^i & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \sum_{j=1}^N h_{N,j}^i w_{N,j}^i \end{pmatrix}$$

40 ここで再変調後の信号系列

【0130】

【数29】

$$\hat{\mathbf{t}}^i$$

と逆高速フーリエ変換前の送信情報信号系列 t^i とが完全に一致すると仮定すると、(数15) は次のように表される。

【0131】

【数30】

$$\begin{aligned} v' &= r' \cdot \mathbf{W}' - t' \cdot (\mathbf{H}' \cdot \mathbf{W}' - \mathbf{G}') = (r' - t' \cdot \mathbf{H}') \cdot \mathbf{W}' + t' \cdot \mathbf{G}' \\ &= t' \cdot \mathbf{G}' + n' \cdot \mathbf{W}' \quad (\because \text{【数8】}) \end{aligned}$$

ここで n' ($= n'_1 \quad n'_2 \quad \dots \quad n'_{\text{N}}$) は受信情報信号系列 r' に含まれる AWGN 成分である。(数30) より、信号系列 v' においては相互干渉の成分が除去されていることがわかる。

【0132】ここで、($N \times N$) 個の伝達係数 $h_{m,n}$ ($1 \leq m \leq N, 1 \leq n \leq N$) は、それぞれ統計的に*

$$\overline{\left(\frac{S}{N}\right)}_{v_k^i} = \left(\frac{\left| \sum_{j=1}^N h_{k,j}^i w_{k,j}^i \right|^2}{\left| \sum_{j=1}^N (w_{k,j}^i n_j^i) \right|^2} \right) \cdot \overline{|t_k^i|^2}$$

上式より、 v' の平均 SNR がとりうる最大の値になるためには、

【0135】

【数32】

$$w_{k,j}^i = h_{k,j}^i$$

となることが必要である。これは

【0136】

$$\begin{aligned} \overline{\left(\frac{S}{N}\right)}_{v_k^i} &= \left(\frac{\left(\sum_{j=1}^N |h_{k,j}^i|^2 \right)^2}{\left(\sum_{j=1}^N (h_{k,j}^i n_j^i) \right)^2} \right) \cdot \overline{|t_k^i|^2} = \left(\frac{\left(\sum_{j=1}^N |h_{k,j}^i|^2 \right)^2}{\sum_{j=1}^N (|h_{k,j}^i|^2 |n_j^i|^2)} \right) \cdot \overline{|t_k^i|^2} = \frac{(N|h|^2)^2}{N|h|^2 \sigma_v^2} \cdot \overline{|t_k^i|^2} \\ &= \frac{N|h|^2 \overline{|t_k^i|^2}}{\sigma_v^2} \end{aligned}$$

(数7) と (数34) とを比較すると、送信信号が同一であって、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラが 2-8 A の構成で重み付け受信情報信号系列行列として $(H')^{*\dagger}$ 、重み付けレプリカ生成行列として $(H' \cdot (H')^{*\dagger} - G')$ を用いれば、または、サブキャリア重み付け干渉キャンセラが 2-8 B の構成でレプリカ減算後重み付け行列として $(H')^{*\dagger}$ を用いれば、第1の実施の形態の OFDM 信号伝送装置におけるサブキャリア重み付け干渉キャンセラ 2-8 の出力信号系列の平均 SNR は、送信アンテナと受信アンテナがともに 1 である OFDM 信号伝送装置における高速フーリエ変換後の受信情報信号系列の平均 SNR と比べて N 倍になることがわかる。

* 独立であり、その位相が一様分布しており、同じく振幅がレイリー分布で平均値が $|h|$ とする。

【0133】また、N 個の AWGN 成分 n_k^i ($1 \leq k \leq N$) は、それぞれ統計的に独立であり、 σ_v^2 を分散値とする複素ガウス分布をとるとする。すると、前記サブキャリア重み付け干渉キャンセラ 2-8 A の出力信号 v_k^i の平均 SNR は (数31) で表される。

【0134】

【数31】

$$\mathbf{W}' = (H')^{*\dagger}$$

であることを意味する。 $(H')^{*\dagger}$ は H' の共役転置行列である。このとき (数31) は次のように表される。

【0137】

【数34】

【0138】すなわち、送信アンテナと受信アンテナとを N 個ずつ有する、図1に記載の第1の実施の形態に係る OFDM 信号伝送装置によれば、送信アンテナと受信アンテナがともに 1 個である図5に記載の従来の OFDM 信号伝送装置に比べて、平均 SNR 上で (10 log N) dB の利得を得ることができる。

【0139】(第2の実施の形態) 図2は、本発明の第2の実施の形態を示す図である。第2の実施の形態は、図1に記載の第1の実施の形態に、誤り訂正およびインタリープを組み合わせたものである。第2の実施の形態によれば、第1の実施の形態に比べて、フェージングに対する特性を改善できる。

50 【0140】図2の OFDM 信号送信装置3において、

送信情報信号系列は、第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ に入力される。第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ は、入力された送信情報信号系列に誤り訂正符号化を行う。

【0141】第1のインターバル $3-5-1 \sim 3-5-N$ は、第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ が¹⁰出力する信号系列を入力され、この入力された信号系列を、サブキャリア方向、すなわち周波数軸方向にインターブする。

【0142】このインターブは、ある周波数近傍における受信レベルの落ち込みに対して連続誤りを避け、高い誤り訂正符号化効果を得るために行われる。図2のOFDM信号受信装置4では、第1の復調器 $4-6-1 \sim 4-6-N$ が¹⁰出力する信号系列は、第1のデインターバル $4-7-1 \sim 4-7-N$ においてデインターブ（図2のOFDM信号送信装置4におけるインターブと逆の操作）が行われた後、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ で復号される。

【0143】第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ が²⁰出力する信号系列は、第2の誤り訂正符号器 $4-9-1 \sim 4-9-N$ において、OFDM信号送信装置3における誤り訂正符号化と同じ操作が行われた後、第2のインターバル $4-10-1 \sim 4-10-N$ において、OFDM信号送信装置3におけるインターブと同じ操作が行われ、その出力が再変調器 $4-1-1 \sim 4-1-N$ に入力される。

【0144】第2のデインターバル $4-14-1 \sim 4-14-N$ は、第2の復調器 $4-13-1 \sim 4-13-N$ が³⁰出力する信号系列に対して、第1の復調器 $4-6-1 \sim 4-6-N$ と同じ操作をそれぞれ行う。

【0145】第2の実施の形態によれば、再変調前に誤り訂正およびインターブを行っているので、第1の実施の形態に比べて、再変調後の信号系列が逆高速フーリエ変換前の送信信号系列と一致する確率が高くなる。したがって、第2の実施の形態における伝送品質は、第1の実施の形態における伝送品質よりも良好となる。

【0146】第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ は、第2のデインターバル $4-14-1 \sim 4-14-N$ の出力に対して、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ と全く同一の操作を行ってもよいが、⁴⁰処理時間短縮のため、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ の復号方式を第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ の復号方式を簡単化した復号方式としてもよい。

【0147】たとえば、第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ と第2の誤り訂正符号器 $4-9-1 \sim 4-9-N$ において畳み込み符号化を行い、第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ において最尤復号を行い、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ において閾値復号を行うと、第1の誤り訂正復号器⁵⁰4

$-8-1 \sim 4-8-N$ で第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ と同一の最尤復号を行う場合に比べて処理時間を短縮できる。

【0148】また、第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ と第2の誤り訂正符号器 $3-9-1 \sim 3-9-N$ において畳み込み符号化を行い、第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ において一定のパスメモリ長を持つビタビ復号を行い、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ において第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ に比べてパスメモリ長が短いビタビ復号を行うと、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ で第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ と同一のパスメモリ長を持つビタビ復号を行なう場合に比べて処理時間を短縮できる。

【0149】また、第1の誤り訂正符号器 $3-6-1 \sim 3-6-N$ と第2の誤り訂正符号器 $3-1-9-1 \sim 3-9-N$ においてターボ符号化を行い、第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ において一定の繰り返し復号処理回数を持つターボ復号を行い、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ において第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ に比べて繰り返し復号処理回数が少ないターボ復号を行うと、第1の誤り訂正復号器 $4-8-1 \sim 4-8-N$ で第2の誤り訂正復号器 $4-15-1 \sim 4-15-N$ と同一の繰り返し復号処理回数を持つターボ復号を行なう場合に比べて処理時間を短縮できる。

【0150】なお、第2の実施の形態における上記以外の構成要素については、第1の実施の形態と同一なので説明は省略する。また、上記重み付けに用いる行列としては多数考えられるが、前記伝達係数行列の共役転置行列またはそれを用いて演算して得られた行列を用いると、平均SNR上の利得が最も高く得られる。

【0151】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、伝達係数やAWGN成分の分布条件などが同一であるOFDM信号伝送において、サブキャリア干渉キャンセル後の受信情報信号系列の平均SNRを、従来よりも高い値で得ることができる。

【0152】また、本発明に係る、誤り訂正およびインターブを組み合わせたOFDM信号伝送装置によれば、より高い伝送品質を得ることができる。また、本発明に係る、重み付け干渉キャンセル後の誤り訂正復号方式よりも簡単化したものを作成調前の誤り訂正復号方式として用いるOFDM信号伝送装置によれば、処理時間を短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態におけるサブキャリア重み付け干渉キャンセラの第1の構成例を示す図であ

る。

【図4】本発明の第1の実施の形態におけるサブキャリア重み付け干渉キャンセラの第2の構成例を示す図である。

【図5】従来技術のOFDM信号伝送装置の構成を説明する図である。

【符号の説明】

1 OFDM信号送信装置

- 1-1-1~1-N パイロット信号生成器
- 1-2-1~1-2-N パイロット信号多重化器
- 1-3-1~1-3-N OFDM変調器
- 1-4-1~1-4-N 送信アンテナ

2 OFDM信号受信装置

- 2-1-1~2-1-N 受信アンテナ
- 2-2-1~2-2-N 高速フーリエ変換器
- 2-3 サブキャリア伝達係数行列演算器
- 2-4 サブキャリア干渉キャンセラ
- 2-5-1~2-5-N 遅延発生器
- 2-6-1~2-6-N 第1の復調器
- 2-7-1~2-7-N 再変調器
- 2-8 サブキャリア重み付け干渉キャンセラ
- 2-8A サブキャリア重み付け干渉キャンセラ
- 2-8A1 受信情報信号系列重み付け行列演算器
- 2-8A2 重み付け受信情報信号系列演算器
- 2-8A3 重み付けレプリカ演算行列演算器
- 2-8A4 重み付けレプリカ信号系列演算器
- 2-8A5 減算器
- 2-8B サブキャリア重み付け干渉キャンセラ
- 2-8B1 受信情報信号行列演算器
- 2-8B2 再変調信号行列演算器
- 2-8B3 レプリカ信号系列演算器
- 2-8B4 減算器
- 2-8B5 レプリカ減算後重み付け行列演算器
- 2-8B6 レプリカ減算後重み付け信号系列演算器
- 2-9-1から2-9-N 第2の復調器

* 3 OFDM信号送信装置

- 3-1-1~3-1-N パイロット信号生成器
- 3-2-1~3-2-N パイロット信号多重化器
- 3-3-1~3-3-N 高速逆フーリエ変換器
- 3-4-1~3-4-N 送信アンテナ
- 3-5-1~3-5-N 第1のインタリーバ
- 3-6-1~3-6-N 第1の誤り訂正符号器

4 OFDM信号受信装置

- 4-1-1~4-1-N 受信アンテナ
- 4-2-1~4-2-N 高速フーリエ変換器
- 4-3 サブキャリア伝達係数行列演算器
- 4-4 サブキャリア干渉キャンセラ
- 4-5-1~4-5-N 遅延発生器
- 4-6-1~4-6-N 第1の復調器
- 4-7-1~4-7-N 第1のデインタリーバ
- 4-8-1~4-8-N 第1の誤り訂正復号器
- 4-9-1~4-9-N 第2の誤り訂正符号器
- 4-10-1~4-10-N 第2のインタリーバ
- 4-11-1~4-11-N 再変調器

20 4-12 サブキャリア重み付け干渉キャンセラ

- 4-13-1~4-13-N 第2の復調器
- 4-14-1~4-14-N 第2のデインタリーバ
- 4-15-1~4-15-N 第2の誤り訂正復号器
- 5 OFDM信号送信装置

- 5-1-1~5-1-N パイロット信号生成器

- 5-2-1~5-2-N パイロット信号多重化器

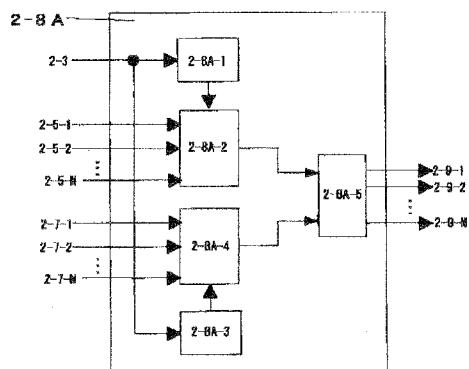
- 5-3-1~5-3-N 高速逆フーリエ変換器

- 5-4-1~5-4-N 送信アンテナ

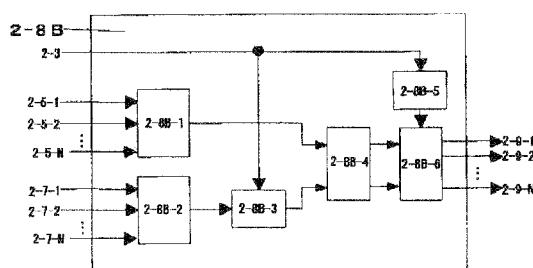
6 OFDM信号受信装置

- 6-1-1~6-1-N 受信アンテナ
- 6-2-1~6-2-N 高速フーリエ変換器
- 6-3 サブキャリア伝達係数逆行列演算器
- 6-4 サブキャリア干渉キャンセラ
- 6-5-1~6-5-N 遅延発生器

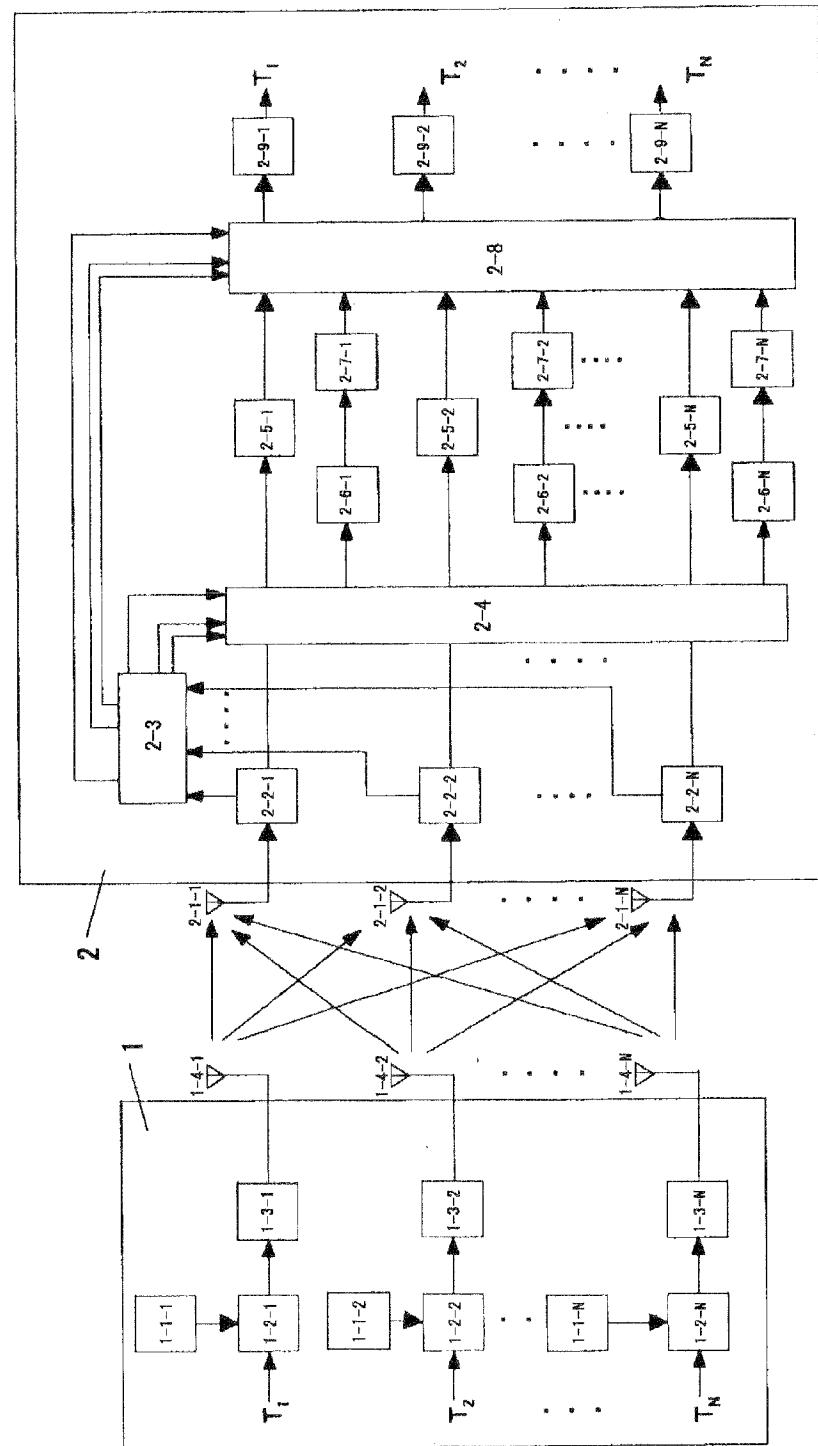
【図3】



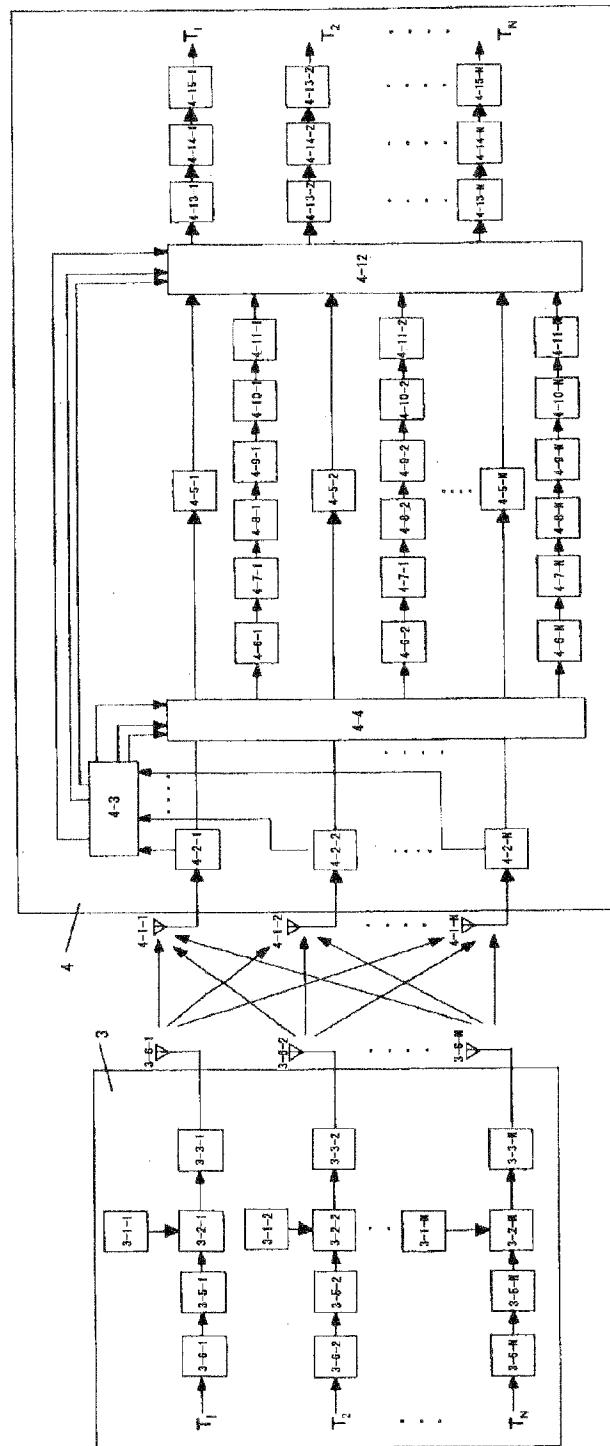
【図4】



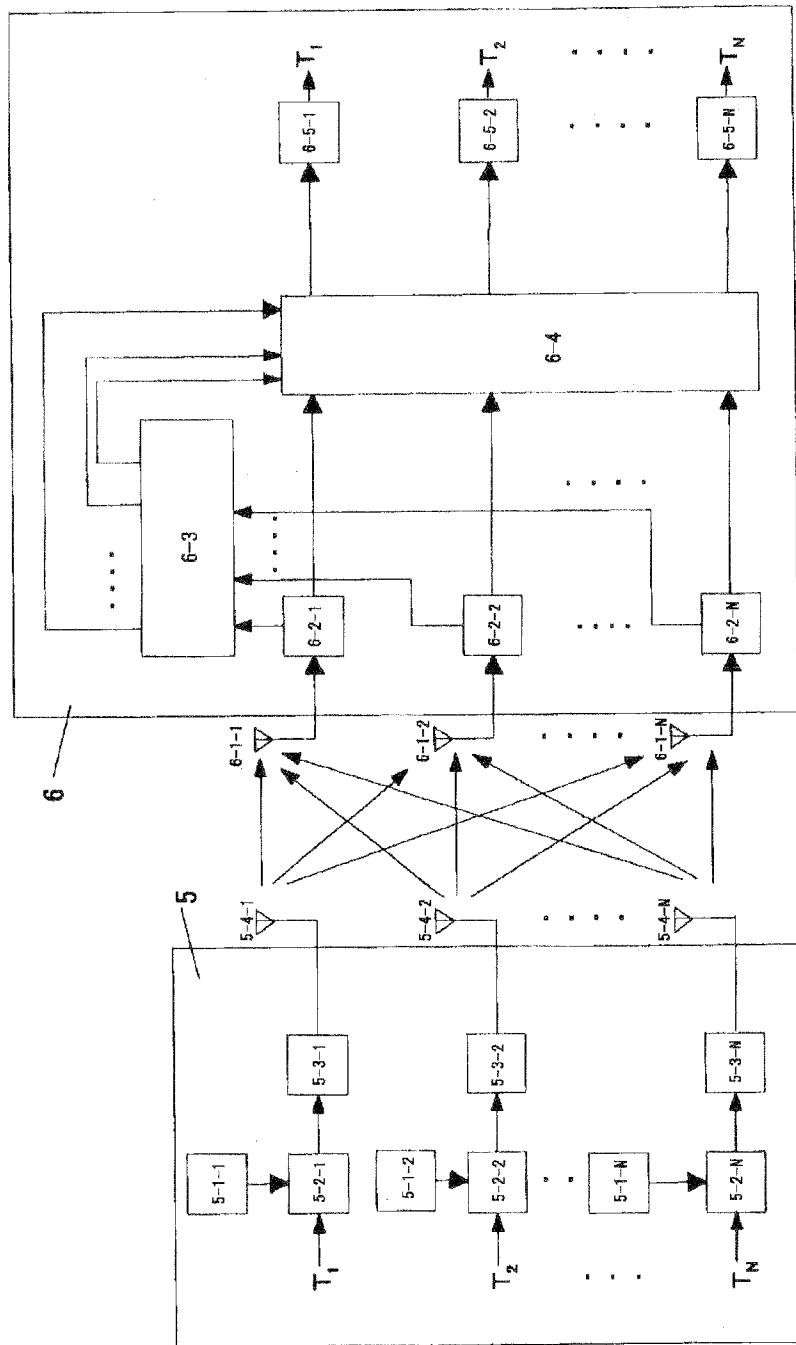
【図1】



【図2】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 大誠

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 杉山 隆利

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 梅比良 正弘
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K014 AA03 BA05 BA10 BA11 FA16
5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD23
DD33